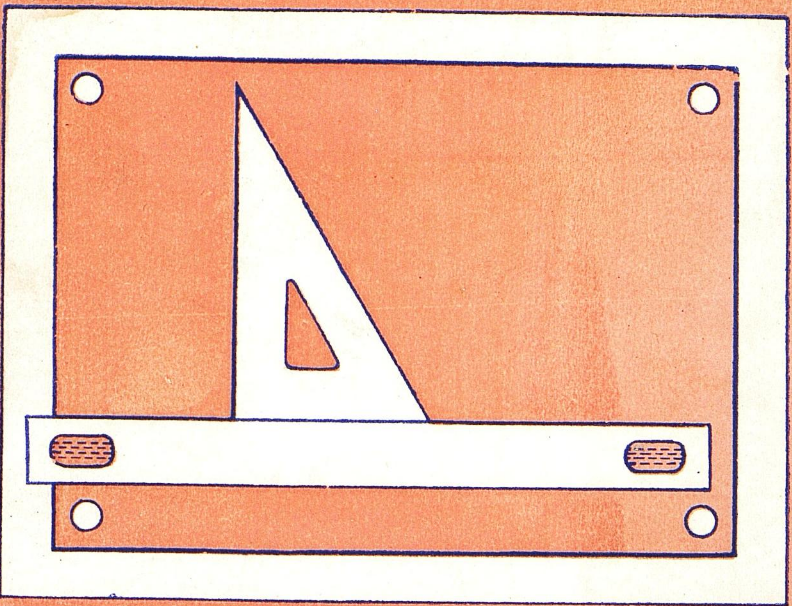
அளக்கையியல்

(SURVEYING)

முதல் தொகுதி



Er. கொடுமுடி ச. சண்முகன்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

த. பா. நி. (க.வெ.) வரிசை எண்—388

அளக்கையியல்

(முதல் தொகுதி)

ஆசிரியர்

Er. கொடுமுடி ச. சண்முகன், B.E., D.S.S., M.I.E.,

துணைப் பொறியாளர்,

பொறியியல் பணித்துறை.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—December, 1972

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 388

© Tamil Nadu Text Book Society

SURVEYING—(Vol. I)

Er. KODUMUDI S. SHANMUGAN

Price Rs. 11-35

'Published by the Tamil Nadu Text Book Society under the Centrally Sponsored Scheme of Production of books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.'

Printed by
BHARANI PRESS,
Venkatadri Naicken Street,
Kuyappettai, Madras-12.

அணிந்துரை

திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன்,

(தமிழகக் கல்வி—உள்ளாட்சித் துறை அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பன்னிரண்டாண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ. வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்று வந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டில் தொடக்கத்தில் புகுமுக வகுப்பிலும் (P.U.C.), 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப் படிப்பு வகுப்புகளிலும் அறிவியல் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மனநிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது. இவ் வகையில், கல்லூரிப் பேராசியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்க்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக்கழகம் ஆண்டுதோறும் எடுத்துவரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லலாம்.

பல துறைகளில் பணிபுரியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனையோ நெருக்கடிகளுக்கிடையே குறுகிய காலத்தில் அரிய முறையில் நூல்கள் எழுதித் தந்துள்ளனர்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், புவியமைப்பியல், மனையியல், கணிதம், இயற்பியல், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், விலங்கியல், தாவரவியல், பொறியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ் நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் வெளியிட்டுவருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான ' அளக்கையியல் (முதல் தொகுதி)' என்ற இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் 388ஆவது வெளியீடாகும். இதுவரை 423 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன. இந் நூல் மைய அரசு கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் மாநில மொழியில் பல்கலைக்கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை; ஆதலின், உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும். அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளுமாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பல்வகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம் கலந்த நன்றி உரித்தாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

பொருளடக்கம்

			பக்கம்
1.	முன்னுரை	...	
2.	நீளம் அளத்தல்	...	40
3.	சங்கிலி அளக்கை	...	89
4.	காந்த வட்டை	...	157
5.	நடக்கை	...	208
6.	சமதள மேசை அளக்கை	...	226
7.	பரப்பளவு காணல்	...	25
8.	மட்டகை	...	289
9.	பருமன் அளவு காணல்	...	419
10.	மட்டகிகளுக்கான திருத்தங்கள்	...	447
11.	சிறு கருவிகள்	...	464
12.	வரைபடப் பெருக்கமும் சுருக்கமும்	...	483
13.	வடக்கறிதல்	...	490
14.	பின்னுரை	...	493
	நூற்றொகை	...	495
	கலைச்சொற்கள் (தமிழ்—ஆங்கிலம்)	...	497
	,, (ஆங்கிலம்—தமிழ்)	...	508

1. முன்னுரை

ஒரு நாட்டின் வருமானத்தில் பெரும்பகுதி விளை நிலங்களின் மீதான தீர்வைகளால் கிடைக்கும் வருவாய் ஆகும். தீர்வை விதிப்பதற்காக் விளைநிலங்களை அளந்து வைக்க வேண்டியது அரசாங்கத்தின் கடமையாகின்றது. நிலங்கள் ஒருவரிடமிருந்து இன்னொருவருக்கு மாறத்தக்க உரிமையுடைய, விலை மதிப்புள்ள சொத்தாகின்றன. அவ்வப்போது ஏற்படும் உரிமை மாற்றங்களை பதிவு செய்வதற்கும் நில அளவுகள் தேவைப்படுகின்றன இதனால் தொன்று தொட்டு நில அளவு முறை புழக்கத்தில் இருந்து வந்துள்ளது.

தமிழ் நாட்டில் இரண்டாயிரம் ஆண்டுகளுக்கு முன்னரே துல்லியமான நீட்டலளவுகள் புழக்கத்தில் இருந்ததாகத் தெரிகிறது. வீடு, மனை முதலியன கட்டுவதற்கான அளவுகள் விரல் அளவிலிருந்து தொடங்கின. ஒரு விரல் என்பது தற்போதைய கணக்குப்படி $1\frac{3}{8}$ அங்குலம் ஆகும்.

6 விரல்	=	ஒரு சாண் 206 mm ($8\frac{1}{4}''$)
2 சாண்	=	ஒரு முழம் 412 mm ($16\frac{1}{2}''$)
2 முழம்	=	ஒரு கோல் 825 mm (33″)

நில அளவுகளில் இன்னும் பெரிய நீளங்கள் பயன்படுத்தப்பட்டன.

16 சாண்	=	ஒரு வில் அல்லது கோல் (11′ 0″)
8 கோல்	=	ஒரு கயிறு (88′ 0″)

நிலங்கள் அளக்க 16 சாண் கோல் பயன்படுத்தப்பட்டது. ஒரு கோல் நீளம், ஒரு கோல் அகலம் உள்ள பரப்பு ஒரு குழி என்றழைக்கப்பட்டது, அதுபோல் 100 குழி கொண்டது ஒரு மா. அதாவது 10 கோல் நீளம் 10 கோல் அகலம் ஒரு மா ஆகும்.

ஒரு கயிறு நீளம் (அதாவது 8 கோல் நீளம்), ஒரு கயிறு அகலம் கொண்ட பரப்பு எனப்பட்டது.

1 கோல் பக்கங் கொண்ட கட்டம்				= 1 குழி (11′ 0″ × 11′ 0″)
10 கோல்	,,	,,	,,	= 100 குழி = ஒரு மா
8 கோல்	,,	,,	,,	= 64 குழி = ஒரு காணி
30 கோல்	,,	,,	,,	= ஒரு கண்ணுறு

20 மா = ஒரு வேலி

240 வேலி = ஒரு பாடகம்

20 கண்ணுறு = ஒரு குடும்பு

சாண் என்பதை அக்காலத்தில் அடி எனவும் வழங்கியுள்ளனர். அந்த அடியுடன் தற்போதைய ஆங்கிலேயர் நீள அளவான அடியை ஒப்பிட்டு மயங்குதல் கூடாது.

காலப் போக்கில் நில அளவுகள் விரிந்து, பரந்து விட்டன. பொறியியல் பணிக்கும் அவை இன்றியமையாதனவாகி விட்டன.

அள என்ற வேர்ச் சொல்லிற்கு கை விகுதி சேர்த்து அளக்கை என்ற சொல் அமைத்து survey என்ற சொல்லைக் குறிக்கப் பயன்படுத்துகிறோம்.

ஏற்கெனவே logic என்பதற்கு இணையாக அளவை என்ற சொல் வழங்குவதால், அதனினும் வேறுபடுத்தி அறியும் பொருட்டு அளக்கை என்ற சொல் ஆளப்படுகிறது.

நிலப்படத்திலோ தரைப்படத்திலோ குறிக்கும் வகையில், புவிப் புறணியில் உள்ள ஓர் இடத்தின் உருவமும், பரப்பும் அறியும் வகையில், அதன் பல்வேறு புள்ளிகளின் இடைவெளிகளை அளந்து காணும் கலை அளக்கை ஆகும். குறிப்பாகக் கிடை மட்டத்தில் புள்ளிகளின் அமைவு நிலைகளைக் கண்டு அறியும் முறை ஆகும்.

நிலத் தளத்தில், ஏதாவதொரு மட்டத்திலிருந்து பல்வேறு புள்ளிகள் உள்ள உயரங்களைக் கண்டறியும் கலை மட்டகை (levelling) ஆகும்.

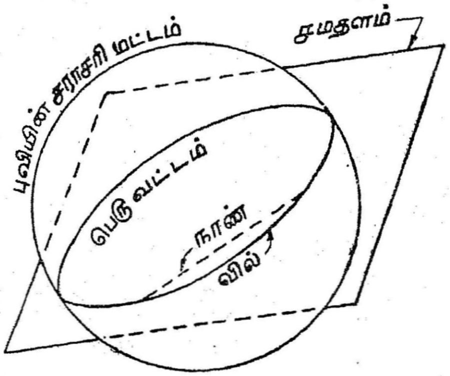
பெரும்பாலான வேலைகளில் மட்டகை, அளக்கையின் ஒரு பகுதியாகவே கருதப்பட்டாலும், சில வேலைகளில் தனித்தும் எண்ணப்படுகிறது.

முன்னுரை

அளக்கையின் நோக்கம்

கிடைப்படம் (plan), நிலப்படம் (map) போன்றவைகளைத் தயாரிப்பதே அளவையின் முக்கியப்பயன் ஆகும். கிடைப்படம் என்பது பூமியின்மேல் பல்வேறு தொலைவுகளில் பல்வேறு உயரங்களில் உள்ள இடங்களைக் கிடைப்பரப்பில் வீழ்த்தி, அதை நேர் விகிதப்படி சுருக்கியோ, விரித்தோ தாளில் வரையப்பட்டதாகும். தாளின் பரப்பே அக்கிடைப்பிற்கு இணையானது. இவ்வாறு வரையப்பட்டவை கிடைப்படம் என்றும், நிலப்படம் என்றும் அழைக்கப்படும். சிறிய வரைவளவுடையது நிலப்படம் என்றும் பெரிய வரைவளவுடையது கிடைப்படம் என்றும் அழைக்கிறோம். சான்றாக ஒரு தெருவின் படம் கிடைப்படம் என்றும், ஒரு நாட்டின் படம் நிலப்படம் என்றும் சொல்லலாம். காட்டு : இந்திரா நகர் கிடைப் படம், தமிழக நிலப்படம்.

கிடைப்படத்தில் பெரும்பாலும், கிடைவெளி மட்டும் குறிக்கப்படும். சில சமயங்களில் ஓருயரக் கோடுகள் (contour), வெட்டுத் தோற்றம் போன்ற சில குறியீடுகள் மூலம் உயரமும் தோராயமாகக் காட்டப்படுகின்றது. நெடுவெட்டுத் தோற்றம் (vertical section) அல்லது சுருக்கமாக வெட்டு (sections)த் தோற்றத்தில் நெட்டுயரங்கள் (நிலைவெளிகள்) விரிவாகக் காட்டப்படுகின்றன.

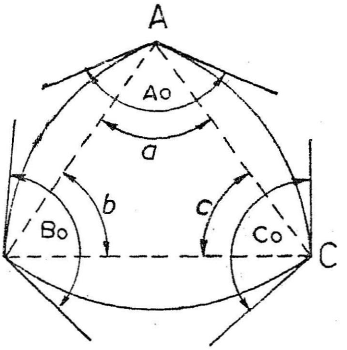


படம் 1

அளக்கையின் பெரும் பிரிவுகள் (Divisions)

அளக்கையைப் பொதுவாக இரண்டு வகையாய் பிரிக்கலாம். ஒன்று புவிப் பகுப் பளக்கை ; மற்றது சமதள அளக்கை.

(அ) புவிப்பகுப்பு அளக்கை (Geodetic survey): இதை முக்கோண அளக்கை என்றும் சொல்வர். இதில் புவியின் பெரும் பரப்புகள் அளக்கப்படுவதால் இதில் புவியின் வளைவையும் கருதிக் காண வேண்டும். புவி சுமாரான உருண்டை வடிவத்தில் இருப்ப தால் அதன் மேலுள்ள இரண்டு புள்ளிகளை இணைக்கும் கோடு



படம் 2

வளைந்திருக்கும். புவியை சரியான உருண்டையாக எண்ணிக் கொண்டால், அதில் முதல் படத்தில் காட்டியபடி ஒரு பெரு வட்டத்தின் வில் (arc) ஆக இருக்கும். புவிப்பரப்பில் மூன்று புள்ளிகளை இணைக்கும் உருவம் கோள முக்கோணம் (spherical triangle) எனப்படும். அதன் பக்கங்களாக அமையும் கோடுகள், பெருவட்டத்தின் விற்கள் ஆகும்; அதன் கோணங்கள் கோள கோணங்களாகும். அதன்படி இரண்டாம் படத்தில் *ABC* ஒரு கோள முக்கோணம்: *AO*, *BO*, *CO* கோளக் கோணங்கள். புவியின் வளைவைக் கருதாவிட்டால், அவ்வுருவம் சமதள முக்கோண மாகிறது; அதன் பக்கங்கள் புள்ளிக்கோட்டால் காட்டியபடி நேர் கோடுகள் ஆகின்றன. அவற்றிற்கு நேரான சமதள முக்கோணத் தின் கோணங்கள் *a*, *b*, *c* ஆகும். எனவே புவிபகுப்பு அளக்கை யில் கோள கோண கணிதம் (spherical trigonometry) ஈடுபடுத் தப்படுகிறது. அதன் சிறப்பியல்புகளாவன: (i) பெருந்தொலைவு களும் பரப்புகளும், (ii) திருந்திய (refined) கருவிகளின் பயன் பாடு, (iii) காணுகை, சரியாக்கங்களில் திருந்திய செய்முறைகள், (iv) உயர்துல்லியம். நிலத்தின்மீது தலைமை நிலையங்களாக (control stations) அமையக் கூடிய பல புள்ளித்தொகுதிகளின் இடைவெளி யை அறுதியிட்டு நிர்ணயித்து, அதன் மூலம் பொறியியல், இடத் தமைவு அளக்கை (topographic survey) தீர்வை நில அளக்கை (cadatral survey) முதலியவற்றிற்கும் அடையாள நிலையங்களாக

tations to be referred) அமைக்கும் பணிக்கு இன்றியமையாயதது. புவிபகுப்பு (geodetic) அளக்கை ஆகும். இத்தகைய அளவைகள் அரசு போன்ற பெரும் அமைப்புகளால்தான் நடத்த இயலும். இந்தியாவில் இந்திய அளக்கைத்துறை (Survey of India) இதை நடத்துகிறது.

(ஆ) சமதள அளக்கை

சமதள அளக்கை சிறிய பரப்புக்குள் நடத்தப்படுவதால் புவியின் வளைவை ஒதுக்கி விடுகிறோம். புவிப்புறம் சமதளமாகவும், இரண்டு புள்ளிகளை இணைக்கும் கோடு நேர்க்கோடாகவும், ஒரு பலகரத்தின் (polygon) கோணங்கள் சமதளக் கோணங்களாகவும் (plane angles) கருதப்படுகின்றன. எனவே வடிவ கணித (geometry) அறிவும் கோண கணித (trigonometry) ஓரளவு குறைந்த துல்லியமே இதில் எதிர்பார்க்கப்படுகிறது. சுமார் 260 கிமீ (100 சதுர மைல்) பரப்பளவுவரை சமதள அளவையாக அமெரிக்க அளவையாளர்கள் கருதுகின்றனர். உயர் துல்லியம் எதிர் நோக்காத வேளையில் இன்னும் அதிகமான பரப்பளவு கூட சமதள அளக்கையாகவே எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. எனவே இதில் எவ்வளவு பரப்பு என்பதை விட எவ்வளவு துல்லியம் தேவை என்பதே முக்கியம்.

புவிப் புறப்பரப்பில் அதன் வில் (arc) நீளத்திற்கும் அதன் நாண் (chord) நீளத்திற்கும் உள்ள வேறுபாடு 18·2 கிமீக்கு 0.1 கிமீ யும், 54.5 கிமீக்கு 0.3 மீயும் 91 கிமீக்கு 0.5 மீட்டரும் ஆகும். அதேபோல் புவிப்புறத்தில் கோள முக்கோணத்தின் கோள கோணங்களின் கூட்டுத் தொகைக்கும் அதற்கு இணையான சமதள முக்கோணத்தின் கோணங்களின்கூட்டுத் தொகைக்கும் உள்ள வேறுபாடு ஒவ்வொரு 195.5 கிமீ பரப்பிற்கும் 'ஒரு நொடி (second) தான்.

அளக்கை வகைகள்

அளக்கையைப் பல வழிகளில் வகைப்படுத்தலாம்.

(1) அளக்கப்படும் களத்தின் வழி ஆன வகைகள்

(a) நில அளக்கைகள் (Land Surveys)

(b) கடல் அளக்கைகள் (Marine or Navigation Surveys)

(c) விண்வெளி அளக்கைகள் (Astronomical Surveys)

(2) அளக்கையின் நோக்கத்தின்படி ஆன வகைகள்

(1) பழமைச் சின்னங்களை அகழ்ந்தெடுப்பதற்கான தொல்லியல் அளக்கை (Archaeological Survey)

(2) புவிப்புறணி (earth's crust)யின் படிவுகள் (strata) அமைப்பை அறிய நடத்தும் புவியியல் அளக்கை (Geological Survey)

(3) அளக்கையின் செய்முறைகளை ஒட்டிய வகைகள்

(a) முக்கோண அளக்கை (Triangulation Survey)

(b) நடக்கை அளக்கை (Traverse Survey)

(4) பயன்படு கருவியால் ஆன வகைகள்

(i) சங்கிலி அளக்கை (Chain Survey)

(ii) தியோடோலைட் அளக்கை (Theodolite Survey)

(iii) டேகோ மீட்டர் அளக்கை (Tacheometric Survey)

(iv) காந்த வட்டை அளக்கை (Compass Survey)

(v) சமதள மேசை அளக்கை (Plane table Survey)

(vi) ஒளி வரைவு அளக்கை (Photographic Survey)

(vii) வானூர்தி அளக்கை (Aerial Survey)

நில அளக்கையை மேலும் பல உட்பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம்.

(a) குன்றுகள், பள்ளத்தாக்குகள், ஆறுகள், ஓடைகள், ஏரிகள், காடுகள் போன்ற இயற்கை அமைப்புகளையும் சாலைகள், இருப்புப்பாதைகள், கால்வாய்கள், கட்டிடங்கள், நகரங்கள், ஊர்கள் போன்ற செயற்கை அமைப்புகளையும் நிர்ணயிக்கப் பயனுகும் இடத்தமைவு அளக்கை (Topographic Survey).

(b) வயல் வரப்புகள், வீடு, மனை போன்றவற்றின் எல்லைகள், பாதைகள் போன்ற கூடுதல் விவரங்களை அளக்கும் தீர்வை நில அளக்கை (Codastral Survey).

(c) வீட்டுமனை தெருக்கள் அமைக்க, நீர் வழங்குதல் மற்றும் கழிவு நீர், வெளியேற்ற வேலைகள் அமைக்கப் பயன்படும் நகர அளக்கை (City Survey).

(d) சாலைகள், இருப்புப் பாதைகள், ஏரிகள், நீர் வழங்கல், கழிவுநீரகற்றல் போன்ற பொறியியல் பணிகள் வடிவமைக்க (design), பருமனளவுகள் (quantities), பரப்பளவுகள் கணிக்கப் பயன்படும் பொறியியல் அளக்கை.

பொறியியல் அளக்கையை மேலும் பிரிக்கலாம்.

(1) ஒரு திட்டத்தின் செயலாக்க வாய்ப்பையும், தோராய மதிப்பையும் அறிய முதன் முதலில் நடத்தப்படும் உளவளக்கை (Reconnaisance Surveys)

(2) ஒரு பணி(work)க்கான சிறந்த இடத்தைத் தேர்ந் தெடுக்க அறிந்திருக்க வேண்டிய துல்லியமான கூடுதல் தகவல் கள் அறியவும், அதன் சரியான பருமனளவு (quantities) களையும், விலைமதிப்பையும் அறிய நடத்தப்படும் முன்னோடி (preliminary survey for collection of data)

(3) தரையில் பணியின் நீள, அகலங்களை வரையப் பயன் படும் அமைவு அளக்கை (Location Survey)

அளக்கையின் பயன்கள்

அளக்கைகளை, நிலப்படம் வரையப்பயன்படும், பயன்பாட்டு அறிவுக்கலை எனலாம். எல்லா நாடுகளிலும் தொன்று தொட்டு இக்கலை புழக்கத்தில் இருந்துள்ளது. முன் காலத்தில் தொடக் கத்தில் எல்லைகளை நிர்ணயிக்கவும் சாகுபடி நிலங்களை அளக்கவும் பயன்பட்டு, பின் எல்லாப் பணிகளுக்கும் தேவைப்படும் அளவுக்கு இன்றியமையாததாகி விட்டது. எல்லாப் பொறியியல் பணி களுக்கும் அவைகள் தேவையாதலால், பொறியாளர் அளவை முறைகளை நன்கு அறிந்து பயன்படுத்தும் அனுபவம் பெற்றிருக்க வேண்டும். நெடுஞ்சாலைகள், இருப்புப்பாதைகள், பாசனம், நீர்வழங்கல், கழிவுநீரகற்றல் போன்று பெரும் பரப்புகளில் விரிந்து பரவும் பணிகள் அனைத்தும் விரிவாகச் செய்யப்பட்ட அளக்கைகளில் கிடைத்த தகவல்களின் மேலேயே தொடங்க வேண்டியுள்ளது. எல்லாப் பணிகளுக்கும் நுணுக்கமான கிடைப் படங்களும், வெட்டு (sections) படங்களும் தயாரித்தல் முதல் வேலையாகும்.

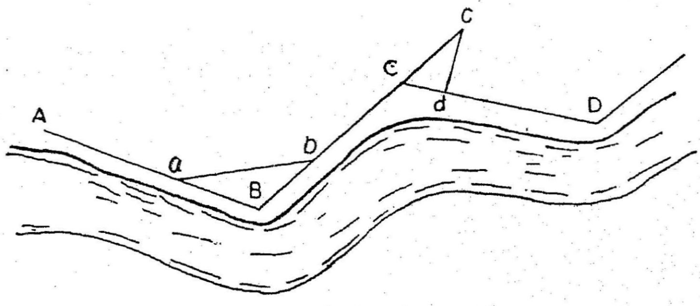
அளக்கையின் கொள்கைகள்

பல்வேறு அளக்கை முறைகளை இரண்டு அடிப்படைக் கொள்கைகளின் மேல் அமைக்கிறோம்.

(அ) பேரெல்லையிருந்து சிற்றெல்லைக்கு வருதல் (To work from whole to part)

இடத்தக அளக்கை (topographical survey), நகரளக்கை போன்ற பெரிய பரப்பளவுகளில் முதலில் சில தலைமை நிலையங்களை (control stations) மிகத்துல்லியமான முறைகளைக் கொண்டு நிறுவிக்கொள்கிறோம். கிடைநிலையங்கள் முக்கோண அளக்கை (triangulation) அல்லது துல்லிய நடக்கை (precise traverse) மூலமாக கண்டறியப்படுகின்றன. முதலில் அளக்க வேண்டிய பெரிய இடம் பல பெரிய முக்கோணங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டு, அது மிகுந்த கவனத்துடன் அளந்து முடிக்கப்படுகிறது. ஒவ்வொரு பெரிய முக்கோணமும் பல சிறிய முக்கோணங்களாகப் பிரிக்கப் பட்டு சற்றே குறைந்த துல்லியத்துடன் அளக்கப்படுகிறது. இந்த முறையினால் பிழைகள் ஒன்றோடொன்று சேர்ந்து பெரிதாவதில்லை. மேலும் சிறிய பிழைகளையும் அவை நேர்ந்துள்ள இடத்தையும் எளிதில் கண்டுபிடிக்க முடியும்.

அதற்கு மாறாக சிறு சிறு பரப்பாக அளந்து பெரிய பரப்பை அடையும்போது பிழைகள் ஒன்றோடொன்று கூடி பிழைகள் கட்டுக்கடங்காமல் மிகுந்துவிடும். எடுத்துக்காட்டாக, சங்கலி



படம் 3

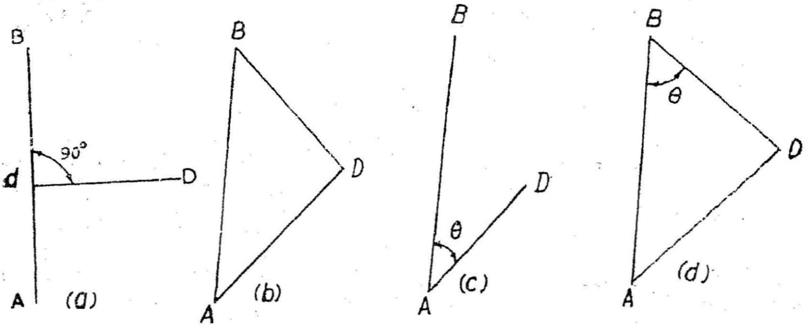
அளக்கையில், அளவையாளர் Bb என்ற கோட்டின் நிலைமையை அறிந்து கொண்டு அதன் மூலம் Bc என்ற கோட்டின் திசையை அறிய முற்பட்டால், பிழை பெருகும். தவிர்க்க முடியாத வேளைகளில் மட்டும் இந்த முயற்சியை மேற் கொள்ளலாம்.

(ஆ) ஒரு புதிய நிலயத்தைக் கண்டறிய, இரண்டு தனித்தனி முறைகளில் முயலுதல்: புதிய நிலயங்கள் ஏற்கனவே அறியப் பட்ட நிலயங்களிலிருந்து (அ) நீட்டலளவு மூலமாகவோ

(ஆ) கோண அளவு மூலமாகவோ அல்லது (இ) இரண்டும் சேர்த்தோ இறுதியாக்கப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக சங்கிலி அளவையில் முதன்மைக் கோட்டின் அளவும், அமைவும், சோதனைக் கோடுகள் அல்லது உறுதிக் கோடுகள் மூலமாக சோதிக்கப்படுகின்றன. மூன்றும் படத்தில் *AB*, *BC*, *CD* என்பன முதன்மைக் கோடுகள் *ab*, *cc*. *cd* என்பன உறுதிக் கோடுகள் ஆகும்.

புதிய புள்ளிகளின் அளவு காணும் முறைகள்

ஏற்கனவே அறிந்த இரண்டு புள்ளிகளின் இடைவெளி அளந்து, அவற்றை ஒரு தாளில் வரைந்து கொள்கிறோம். அவ்விருபுள்ளிகளிலிருந்தும், இரண்டு அளவுகள் மூலம் புதிய புள்ளியை



படம் 4 *a*, *b*, *c*, *d*.

அமைக்கிறோம்: ஏற்கனவே தெரிந்த *AB* என்ற இரண்டு புள்ளிகளிலிருந்து *D*யின் அளவு கண்டுபிடிக்கும் பலமுறைகள் வருமாறு :

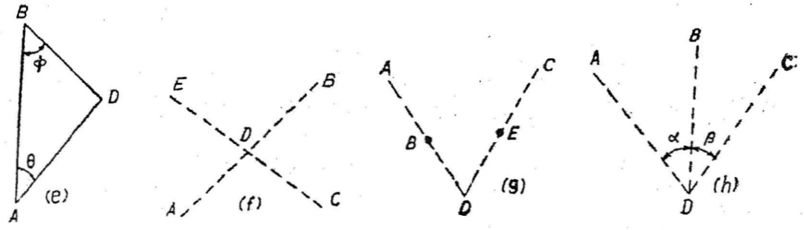
(1) *dD* என்ற செங்குத்து நீளம், *Ad* நீளம் ஆகியவற்றிலிருந்து காணலாம். *Ad* நீளத்திற்கும் பதிலாக *Bd* தெரிந்தாலும் போதும் (படம் 4a).

(2) *Ad*, *Bd* இடைவெளிகளைக் கொண்டு காணலாம் (படம் *b*).

(3) *A* யில் அளக்கும் *BAD*, *AD* நீளம் ஆகியவைகளால் அறியலாம். அல்லது *B*யை மையமாகக் கொண்ட *BAD* கோணம், *BD* நீளம் ஆகியவை தெரிந்தாலும் போதும் (படம் 4c).

(4) *B* யில் அளக்கும் *DBA* கோணம், *AD* நீளம் ஆகியவை மூலம் அறியலாம். அல்லது *A* யில் அளக்கும் *DAB* கோணம் *BD* நீளம் ஆகியவை தெரிந்தாலும் போதும் (படம் 4d) கோணம் தெரியும் புள்ளியிலிருந்து *D* யின் நீளத்தை அளக்க முடியாத காலங்களில் இம்முறை பயன்படுகிறது.

(5) *A, B* ஆகிய புள்ளிகளை மையமாகக் கொண்டு அளக்கும் *BAD, ABD* ஆகிய கோணங்களைக் கொண்டு அறியலாம்(படம் 4*e*).



படம் 4 *e, f, g, h.*

(6) *A, B, C, E* ஆகிய தெரிந்த புள்ளிகளிலிருந்து *AB, CE* என்ற நேர்க்கோடுகள் வெட்டும் புள்ளியிலிருந்து அறியலாம். (படம் 4f).

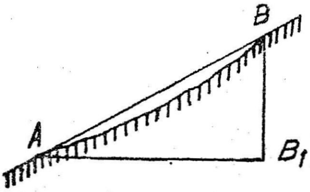
(7) *A, B, C* ஆகிய தெரிந்த புள்ளிகளிலிருந்து தெரிய வேண்டிய *D* என்னும் புள்ளியில் அளக்கும் *α*, *B* என்னும் கோணங்களால் அறியலாம் (படம் 4 *g&h*).

முதல் இரண்டு முறைகளும் சங்கலி அளக்கையில் பயன் படுகின்றன. 3. 4, 5 முறைகள் நடக்கை அளக்கையில் பயன் படுகின்றன. ஐந்தாவது முறை தெரிந்த இரண்டு நிலையங்களி லிருந்து கண்ணால் காணக் கூடியதும், நடந்து அடைய முடியாததுமான புள்ளியைக் கண்டுபிடிக்கப் பயன்படுகிறது. அது சமதள மேசை அளக்கை, காந்தவட்டை அளக்கை புவிபகுப்பு (geodetic) அளக்கையில், "முக்கோணமாக்கம்" ஆகியவைகளில் முக்கியமாக குறுக்குவெட்டு (cross-section) முறைக்கு அடிப்படையாக அமைகின்றன.

6, 7 முறைகளில் நீளம் எதுவும் அளக்கப்படுவதில்லை. ஏழாவது முறை, சமதள மேசை, காந்தவட்டை, தியோடலைட் அளக்கைகளில் "மூன்று புள்ளிக் கணக்கிற்கு" அடிப்படையாக அமைகிறது. சிறு முக்கோணங்களிலும் கடல் (hydrographic) அளக்கையிலும் இது வழக்கமாகப் பயன்படுகிறது.

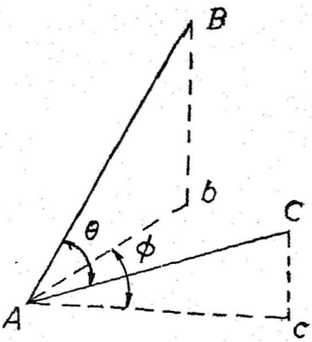
அளவுகள் : சமதள அளக்கையில் வரும் அளவுகள் இரண்டு வகை: (1) நீட்டலளவு, (2) கோண அளவு இவைகளை (i) கிடை வெளி, (ii) உயரம் அல்லது நிலைவெளி எனவும் (a) கிடைக் கோணம் (b) செங்குத்து நிலைக் கோணம் (vertical angle) அல்லது நிலைக்கோணம் எனவும் பிரிக்கலாம். அளக்கையில் பெரும் பாலும் எல்லா நீளங்களும் கிடை நீளங்களே. ஒரு சில இடங் களில் மட்டும் பாய்வு நீளத்தை அளந்து கொண்டு வரைபடத் தில் குறிக்க அதைக் கிடைவெளியாக மாற்றிக் கொள்கிறோம். தரைப்படம், நிலப்படம் ஆகியவற்றில் காட்டப்பட்டவை எல்லாம் அவை எவ்வளவு உயரத்தில் இருந்தாலும் கிடைவெளி களையே குறிக்கும். அதாவது அப்புள்ளிகளின் இடைத்தொலைவு களை கிடைமட்டத்தில் வீழ்த்தியதால் கிடைக்கும் கிடை வீழ் நீளம் (horizontal projection) ஆகும்.

ஒரு நிலைச் சமதளத்தில் (vertical plane) இரு புள்ளிகளின் வீழங்களின் இடை உயரமே செங்குத்து உயரம் அல்லது செங் குத்து நீளம் (vertical distance) எனப்படும் ஐந்தாம் படத்தில் A, B என்பவை ஒரு சாய்தரையில் உள்ள இரு புள்ளிகள். AB_1 என்பது AB புள்ளிகளின் கிடை வீழம். அதுவே கிடைவெளி ஆகும். BB_1 என்பது செங்குத்துயரம் அல்லது நிலைவெளி (vertical distance) எனப் படும். அது A யின் உயரம், B யின் உயரம் இரண்டிற்கும் உள்ள வேறு பாடு ஆகும்.



படம் 5

அதேபோல ஒன்றையொன்று வெட்டிக் கொள்ளும் இரண்டு நேர்கோடுகளின் கிடைக்கோணம், அக்கோடுகளின் கிடை வீழங் களின் இடையில் உள்ள கோணம் ஆகும். புள்ளியின் நிலைக்கோணம் (vertical angle) என்பது அதன் பார் வைக் கோட்டிற்கும் கிடைமட்டத் திற்கும் இடையில் உள்ள கோண மாகும். தியோடலைட்டில் கிடைப் பது கிடைக் கோணம். கடற் கோணமானியில் (sextant) தெரியும் இரண்டு புள்ளிகளும் பார்க்கும் கண்ணும் உள்ள சாய்தளத்தின் (oblique plane) கோணம் கிடைக் கும். தாளில் வரையும் முன் அப் புள்ளிகளின் கிடைக் கோணத்தை கணக்கிட்டுக் கொள்ளவேண்டும்.



படம் 6

ஆறும் படத்தில் அளக்கையின் நியதிகளின்படி *AB*, *AC* கோடுகளின் இடைக்கோணம் $\angle BAC$ (θ) அல்ல ; மாறாக அவற்றின் கிடை வீழங்களான *Ab*, *Ac* ஆகியவற்றின் இடையிலுள்ள $\angle b\,Ac$ (ϕ) ஆகும். $\angle b\,AB$ யும், $\angle cAC$ யும் முறையே *B*, *C* ஆகியவற்றின் நிலைக் கோணங்களாகும்.

அளவுகளின் அலகுகள் : எடை, அளவுச் சட்டம் (இந்தியா) 1956ன்படி மெட்ரிக் அளவுகள்தான் இனி இந்தியாவில் புழக்கத்தில் இருக்கும். அடி, பவுண்டு, நொடி முறையிலிருந்து மாறுவதற்கு இந்திய அரசு ஒரு பத்தாண்டுத் திட்டம் வகுத்தது. ஆயினும் மாறுதல் இன்னும் முடியவில்லை. இரண்டு வித அளவுகளும் இப்போது புழக்கத்தில் உள்ளன.

நீட்டலளவுகள்: நீளம், அகலம், உயரம், தடிமன், ஆரம், விட்டம், புரியிடை வெளி முதலியவற்றின் அடிப்படை அலகுகள் மெட்ரிக் முறையில் மீட்டரும், ஆங்கில முறையில் கசமும் ஆகும். அவற்றின் வரையறை பின்வருமாறு :

மீட்டர் : 1889 ஆம் ஆண்டு பாரிசில் நடந்த டிஸ்பாய்ட்ஸ் எட் அளவுகள் மாநாட்டுத் தலைவரால் (Conference General Des poids et Measures) அனைத்துலக மாதிரி மீட்டர் என்று அறிவிக்கப்பட்டதும், டிஸ் பாய்ட்ஸ் எட் அளவுகள் அனைத்துலக பேரவையில் (Bureau International des poids et measures) வைக்கப்பட்டுள்ள பிளாட்டினம் இருடியம் சட்டத்தில் வரையப்பட்டுள்ள இரண்டு கோடுகளின் இடை இயல்பான (normal) வானிலை அழுத்தத்திலும், சுழிபாகை சென்டிகிரேடு வெப்ப நிலையிலும் அளக்கப்படுவது ஒரு மீட்டர் ஆகும். [எடை, அளவு நிலைவுகள் சட்டம் (இந்தியா) 1956.

கசம் (Yard) : இம்பீரியல் நிலைவுக் கசத்தை நிர்ணயிக்க இம்பீரியல் நிலைவு ஆக அறிவிக்கப்பட்ட, வெப்பத்தால் விரிவடையவும், சுருங்கவும் தடை இல்லாமல், தொங்கல் இல்லாமல் வெண்கல உருளைகளின் மீது வைக்கப்பட்ட வெண்கலச் சட்டத்தில் பொருத்தப்பட்ட தங்க ஊசிகளின் மையங்களுக்கு இடையில் உள்ள தூரம் 62 டிகிரி பாரன்கீட் வெப்பநிலையில் அளக்கப்படும்போது கசம் ஆகும். [எடை, அளவுச் சட்டம் (U. K.) 1878].

எடை, அளவு நிலைவுகள் சட்டம் (இந்தியா) 1956, ஒரு கசம் = 0.9144 மீட்டர் (சுருக்காக) என்று ஏற்றுக் கொண்டுள்ளது. இது அனைத்துலக நிலைவு செய் கழகத்திலும் (International Organization for Standardisations) பரிந்துரைக்கப்பட்டுள்ளது.

பட்டியல் I: அடிப்படை அலகுகள் - நீளம்

மெட்ரிக் அலகுகள்	ஆங்கில அலகுகள்
10 மில்லி மீட்டர் (mm) = 1 சென்டி மீட்டர்	12 அங்குலம் = 1 அடி
10 சென்டிமீட்டர் (cm) = டெசி மீட்டர்	3 அடி = 1 கசம்
10 டெசி மீட்டர் (dm) = 1 மீட்டர்	$5\frac{1}{2}$ கசம் = 1 கோல் (rod, pole or perch)
1000 மீட்டர் (m) = 1 கிலோ மீட்டர் (km)	4 கோல் (66 அடி) = 1 சங்கிலி
1 மில்லியன் மீட்டர் (10^6 m) = 1 மெகா மீட்டர் (Mm)	10 சங்கிலி = 1 பர்லாங்
மீட்டரில் மில்லியனில் ஒரு கூறு (10^{-6} m) = 1 மைக்ரோ மீட்டர் (or) மைக்ரோன் (μ)	8 பர்லாங் = 1 மைல்
0.001 μ (10^{-9} m) = 1 மில்லி மைக்ரோன்	அங்குலத்தில் ஆயரத்தில் ஒரு கூறு = 1 மில்லி அங்குலம் (Mil அல்லது thou)
1852 மீட்டர் = 1 கடல் மைல் (nautical mile)	அங்குலத்தின் மில்லியனில் ஒரு கூறு = 1 மைக்ரோ அங்குலம் (μ inch)
	100 துண்டு = 1 சங்கிலி
	6 அடி = 1 பேத்தம் (fathom)
	120 பேத்தம் = 1 கேபிள் நீளம்
	6080 அடி = 1 கடல் மைல்
	பொறியாளர் சங்கிலி = 100 அடி

[குறிப்பு: தமிழில் அலகுகளுக்குப் பன்மை விகுதி சேர்ப்பது வழக்கமில்லை]

பட்டியல் II: அடிப்படை அலகுகள்—பரப்பு

மெட்ரிக் அலகுகள்	ஆங்கில அலகுகள்
100 பரப்பு மில்லி மீட்டர் (mm^2) = 1 பரப்பு சென்டிமீட்டர்	144 பரப்பு அங்குலம் ($in.^2$) = 1 பரப்பு அடி
100 பரப்பு சென்டிமீட்டர் (cm^2) = 1 பரப்பு டெசி மீட்டர்	9 பரப்பு அடி ($ft.^2$) = 1 பரப்பு கசம்
100 பரப்பு டெசி மீட்டர் (dm^2) = 1 பரப்பு மீட்டர்	$30\frac{1}{4}$ பரப்பு கசம் = 1 பரப்புக்கோல்
100 பரப்பு மீட்டர் (m^2) = 1 ஏர் (are)	40 பரப்புக் கோல் = 1 ரூடு (rood)
100 (a) ஏர் = 1 எக்டேர் (heactare)	4 ரூடு = 1 ஏக்கர்
100 எக்டேர் (ha) = 1 பரப்பு கிலோமீட்டர் (km^2)	640 ஏக்கர் = 1 பரப்பு மைல்
	484 பரப்பு கசம் = 1 பரப்பு சங்கிலி
	10 பரப்பு சங்கிலி = 1 பரப்பு மைல்

பட்டியல் III : அடிப்படை அலகுகள் :—பரும அளவு

மெட்ரிக் அலகுகள்	ஆங்கில அலகுகள்
1000 பரும மில்லி மீட்டர் (mm^3) = 1 பரும சென்டிமீட்டர்	1728 பரும அங்குலம் ($in.^3$) = 1 பரும அடி
1000 பரும சென்டிமீட்டர் (cm^3) = 1 பரும டெசி மீட்டர்	17 பரும அடி ($ft.^3$) = 1 பரும கசம்
1000 பரும டெசி மீட்டர் (dm^3) = 1 பரும மீட்டர் (m^3)	

அலகுக்குறிகள்

அலகுகளுக்கான குறியீடுகளை எழுதுவதற்குச் சீரான முறை உலகம் முழுவதும் பயன்படுகிறது. அதன்படி ஆங்கில எழுத்துக்களில் சிறிய எழுத்து பயன்படுகிறது. இரண்டு எழுத்துக்கள் உள்ள குறியில் அவை இடையில் புள்ளி இல்லாமல் சேர்த்து எழுதப்படுகின்றன. அதை ஒட்டித் தமிழ் எழுத்துக்களையும் பின்கண்டவாறு அமைத்துக் கொள்ளலாம். பரப்பு மீட்டர், பரும மீட்டர் என்பதை மீ^{2}, மீ^{3} என்று எழுதுவதே சிறப்பாகும்.

mm = மிமீ	mm^2 = மிமீ^{2}	mm^3 = மிமீ^{3}
cm = செமீ	cm^2 = செமீ^{2}	cm^3 = செமீ^{3}
dm = டெமீ	dm^2 = டெமீ^{2}	dm^3 = டெமீ^{3}
m = மீ	m^2 = மீ^{2}	m^3 = மீ^{3}
km = கிமீ	km^2 = கிமீ^{2}	km^3 = கிமீ^{3}

சமதளக் கோணம் : சமதளக் கோணத்தின் அலகு ஆரையன் (radian) ஆகும். ஒரு வட்டத்தின் சுற்றளவில் ஆரத்தின் நீளமுள்ள வில்லை இரண்டு ஆரங்கள் வெட்டும் போது அவற்றின் இடையில் உள்ள கோணம் ஒரு (radian) **ஆரையன் ஆகும்.**

சமதளக் கோணத்தின் பிற அலகுகள் :

60 நொடி (_____'') = 1 விநாடி = $\frac{\pi}{10,800}$ ரேடியன்

60 விநாடி (____′) = 1 பாகை = $\frac{\pi}{180}$ ரேடியன்

90 பாகை (____°) = 1 செங்கோணம் = $\frac{\pi}{2}$ ரேடியன்

100 கிரேடு (____g) = 1 செங்கோணம்.

பிரான்சு நாட்டில் சட்டபடி புழக்கத்திலிருக்கும் சமதளக் கோண அலகு கிரேடு ஆகும்.

அளக்கையில் துல்லியம்

எந்த வேலைக்காக அளக்கை செய்கிறோமோ அதைப்பொறுத்து துல்லியத்தின் தன்மை இருக்கும். 10செமீ = 1செமீ என்ற வரைவ்ளவுக்காக நிலப்படம் தேவை என்றால் தாளில் வரையும் புள்ளிகளில் 0.25 மிமீ வரை பிழைகளை அனுமதிக்கலாம். எனவே வரைப்படத்தில் 0.25 மிமீ வரை அதாவது தரையில் 0.25 மீ அல்லது 0.2 மீ (மெட்ரிக் சங்கலியில் ஒரு துண்டு அளவுக்கு நீளங்களை அளந்தால் போதும்) தரையில் செமீ அளவுக்கு சுத்தமாக அளவுகள் எடுப்பது தேவையில்லை.

அதேபோல வயற்புற அளக்கைக்கும் நகர அளக்கைக்கும் வேறுபாடு உண்டு. நகரத்து நில மதிப்பு மிகவும் அதிகம்; அதனால் செமீ சுத்தமாக அளக்கிறோம். வயற்புறத்தில் ஒரு மெட்ரிக் சங்கிலியின் துண்டு (0.2 மீ) அளவுக்கு நிறுத்திக் கொள்கிறோம். அளக்கையில் துல்லியம் தேவைப்படும் அளவுக்கு நேரமும் செலவும் கூடுதலாகும் என்பது நினைவில் கொள்ளத்தக்கது. எனவே அளக்கை தொடங்கு முன் அளவையாளர் கீழ்க்கண்ட குறிப்புக்களை நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

(1) அளக்கையின் நோக்கம், (2) தேவைப்படும் துல்லியத் தன்மை, (3) அளக்கப்படும் இடத்தின் இயற்கை அமைவும், பரவலும், (4) பிழைகள் வரக்கூடிய பகுதிகள், (5) வெளி வேலைக்கும் அலுவலகப் பணிக்கும் கிடைக்கும் நேரம், (6) அளவையின் மொத்தச் செலவு.

இவைகளை நன்றாக ஆராய்ந்து, அதற்கேற்ப அளக்கை முறைகள், கருவிகளைத் தேர்ந்தெடுக்கலாம். தேவைப்படும் துல்லியம், குறைந்த செலவு, குறைந்த நேரம் ஆகியவற்றில் முடிக்குமாறு, அளவைப் பணிகளைத் திட்டமிட்டுக் கொள்வதும், முறைப் படுத்திக் கொள்வதும் (systamatising) இன்றியமையாதது.

அளவையாளரின் வேலைகள்

அளவையாளரின் பணிகளை மூன்று வகையாகப் பிரிக்கலாம். அவை (1) வெளி வேலை, (2) அலுவலக வேலை, (3) கருவிகள் காப்பும் சரிப்படுத்தலும் (care and adjustment of the instrument).

(1) **வெளி வேலைகள்:** (அ) நீளங்களையும், கோணங்களையும் அளத்தல், (ஆ) வரைபடத்தில் உள்ள புள்ளிகளை நிலத்தில் கண்டு குறித்தல், (இ) நிலத்தின் புள்ளிகளைப் பற்றிய குறிப்பெடுத்தல், (ஈ) பாலங்கள், சாலைகள், கட்டிடங்கள், எல்லைகள் ஆகியவற்றை நிலத்தில் வரைதல் ஆகியவை வெளி வேலைகளில் அடங்கும்.

(2) **அலுவலக வேலை:** (i) வெளியில் சேகரித்த தகவல்களைக் கொண்டு கிடைப்படம், வெட்டுப்படம் முதலியவை தயாரித்தல், (ii) பரப்பளவு, பருமளவு கணக்கிடுதல், (iii) கட்டுக்கோப்புகள் வடிவமைத்தல் (design of stuctures).

(3) **கருவிகளின் காப்பு:** அளக்கையின் பயன்படும் கருவிகள் நுணுக்கமானவை மிகவும் துல்லியமானவை. அவற்றைக் கையாளும் போது மிகுந்த கவனமும் எச்சரிக்கையும் தேவை. மரைகள் இளகாமலும் மிகையாக இருக்கப்படாமலும் பார்த்துக் கொள்ள வேண்டும். பழுது ஏற்பட்டால் சீராக்குவது எளிதல்ல. மிகுந்த பொருட் செலவு செய்தாலும் பழைய நிலைமைக்கு கொண்டு வர இயலாது.

கருவிகளைப் பெட்டியிலிருந்து எடுக்கு முன் அவை இருக்கும் அமைப்பை நன்றாகக் கவனித்துக் கொள்ள வேண்டும். முடிந்தால் அவ்வமைப்பைப் படமாக வரைந்து அப்பெட்டியிலேயே ஒட்டிக் கொள்வது நல்லது. இல்லையெனில் திருப்பி வைக்கும் போது இடர் பட நேரலாம். டம்பி மட்டம் (dumpy level), தியோடலைட் போன்ற கருவிகளைக் கையாளும்போது, ஒவ்வொரு செய்கையிலும் கவனம் தேவை. முக்காலியின் திருகை இறுகத் திருக வேண்டும். முக்காலி தரையில் கால் அகன்று நன்கு ஊன்றியிருக்குமாறு நிறுத்த வேண்டும்.

கல்தளம், கற்காறைத்தளம் கெட்டித் தரையில் நிறுத்தும் போது, பாதம்வெடிப்புகள், பிளவுகள், கோடுகள் போன்றவற்றில் உறுதியாக நிற்குமாறு செருகி நிறுத்த வேண்டும். இல்லையெனில் கால்வழுக்கி கீழே விழ ஏதுவாகலாம். சாலை, நடைபாதை, புல் தரை போன்ற இடங்களில் கருவிகளை நிறுத்தும்போது, பெருங் காற்று போக்குவரத்து, புல்மேயும் கால்நடை போன்றவற்றில்

இருந்து பாதுகாக்க ஏற்பாடு வேண்டும். கருவிகள் நேராக இருக்கும் வண்ணம் முக்காலியோடு, தோளில் சுமந்து செல்ல வேண்டும்; அதன் கால் எதன் மீதும் இடித்து விடக்கூடாது. குறுகலான உயரமில்லாத வழிகள், கதவுகளின் வழியே செல்லும் போது கைகளில் எடுத்துச்செல்ல வேண்டும். கருவிகளை வெய்யில், மழை, தூசியிலிருந்து பாதுகாக்க வேண்டும். நீர் புகாத் துணி, மூடி (dustcap), நிழற்குழாய் முதலியவற்றைத் தக்க சமயத்தில் பயன்படுத்த வேண்டும். கண்ணாடி வில்லைகள் நனைந்து விட்டால் அவற்றை நன்கு உலர்த்திய பின் மூடவேண்டும். கருவிகள் அழுக்கடைந்தால் ஆட்டுத்தோல் அல்லது சாராயத்தில் நனைந்த மென் பட்டுத் துணியால் தேய்த்து துப்புரவு செய்து வைக்க வேண்டும். தூசி படிந்தால் ஒட்டகத்தின் மென் முடியாலான துடைப்பானல் தூசு தட்ட வேண்டும். வெள்ளி அளவு வட்டங்களின் மீது கைப்படாமல் இருந்தால் அவை மங்காமல் இருக்கும். அவை மங்கிவிட்டால் நல்ல கடிகார எண்ணெயிட்டுத் (watch oil) துடைத்து வைக்க வேண்டும். அவை கழற்ற வராவிட்டால் முக்காலியிலிருந்து கருவியை எடுத்து திருகுகளுக்கு எண்ணெயிட்டு இளக்க வேண்டும். கிடுக்கி, இறுக்காணி முதலியவற்றை அளவாக முடுக்க வேண்டும். கருவிகள் பாதுகாப்புக் குறிப்புக்கள் எண்ணிலடங்கா. பயிற்சியும் கையாளுகையும் அவற்றைத் தாமே உணர்த்தி விடும்.

அளவையாளருக்குக் கருவிகளின் பயன்பாட்டில் நல்ல அறிவு தேவை. அனுபவமே அதைக் காட்டும். கருவிகளைச் சோதிப்பதற்கும், சரிப்படுத்துவதற்கும் தெரிந்திருப்பது மிகவும் இன்றியமையாதது.

அளக்கை என்பது அறிவியலும் கலையும் சேர்ந்தது. அளவைக் கொள்கைகளில் தேர்ந்த ஞானம், அனுபவத்தில் திறமை, உயர்ந்த பார்வை ஆற்றல், ஒழுங்கு முறைமை (organisation) போன்றவை அளக்கையாளருக்கு இன்றியமையாதவை. எனவே ஏட்டில் படிப்பதை விட, செய்து அறியும் அனுபவமே அளக்கை வழிகளில் புலமை அளிக்கும் என்பதை உணர வேண்டும். அளக்கையின் வெளி வேலைகளிலும், அலுவலகப் பணியிலும் சிறந்து விளங்குவதே ஒவ்வொருவரின் நோக்கமாகவும் இருக்க வேண்டும்.

வரை வளவு

Scale என்ற சொல் அளத்தல் என்ற வினையையும், தராசு போன்ற கருவிகளையும், அளவுகள் குறிக்கப்பட்ட கோல்களையும், படத்தில் உருச்சுருக்கி அல்லது பெருக்கி வரையப் பயன்படும்

விகித சமத்தையும் இடத்திற்கேற்ப குறிக்கின்றன. குழப்பம் தவிர்ப்பான் வேண்டி அளவுகள் குறிப்பிட்ட கோல்களை, "அளவு கோல்கள்" அல்லது "கோல்கள்" என்றும் உருச்சுருக்க அல்லது பெருக்க விகிதத்தை "வரைவளவு" என்றும் கையாளலாம். இந்த விகிதம் பெரும்பாலும் வரைபடங்கள் வரைவதற்கும், வரைபடத்தில் உள்ளது நிலத்தில் அமைக்கவுமே பயன்படுவதால் "வரைவளவு" என்று அடை மொழியுடன் அழைப்பது பொருந்தும். வரைவுக்கன்றி வேறு இடங்களில் வந்த போதும் சீர்மை குறித்து இதே சொல்லை ஆளுதல் நல்லது.

படங்கள் பெரும்பாலும் இயல் அளவுக்கு வரைப்படத்தில் வரைய முடிவதில்லை. உருவைச் சுருக்கி சிறிய அளவில் வரைகிறோம். இதை வரைவளவுக்கு வரைதல் (drawing to scale) என்கிறோம்.

தரையில் உள்ள நீளத்திற்கும் படத்தில் வரையப்படும் நீளத்திற்கும் உள்ள விகிதம் வரைவளவு ஆகும். படத்தில் 1 செமீ நிலத்தில் 10 மீ தூரத்தைக் குறித்தால் அந்த நிலப்படத்தின் வரைவளவு 10மீக்கு 1செமீ என்றும் சுருக்கமாக 1செமீ = 10 மீ என்றும் சொல்கிறோம். இதை வெற்றுப் பின்னம் (vulgar fraction) ஆகவும் சொல்லலாம். பின்னத்தின் மேல் எண் ஒன்றாக வைத்து சொல்லப்படுகிறது. அது சார்புப் பின்னம் (R. F.) (representative fraction) எனப்படுகிறது, சார்புப் பின்னம் காண மேல் எண்ணும் கீழ் எண்ணும் ஒரே இனத்தை சேர்ந்ததாக இருக்க வேண்டும். சான்றாக, 10 மீக்கு 1 செமீ வரைவளவின் சார்புப் பின்னம் $= \frac{1}{10 \times 100} = \frac{1}{1000}$ ஆகும்.

ஒவ்வொரு படத்திலும் வரைவளவு தலைப்பிற்கும் கீழ், உடனே காணும் வகையில் இருக்க வேண்டும். அதை எண்ணாலும் உருவத்தாலும் காட்டலாம். உருவத்தால் காட்டும் வரைவளவில், அளவுகளின் அலகுகளைக் கட்டாயம் குறிப்பிட வேண்டும். வரைவளவுகள் பயன்படுவதற்கு வசதியாகவும் மிகுந்த துல்லியத்துடன் படிக்க ஏதுவாகவும் இருக்கவேண்டும்.

வரைவளவு கோல்கள்

வரைவளவு விகிதத்தை ஏற்றி, கோல்களிலேயே, அசல் நீளத்தைக் குறிக்காமல், அது காட்டும் பெரிய நீளங்களைக் குறிக்கும் எண்களுடன் அமைத்துக் கொள்ளலாம். இதனால் வரையும்போது ஒவ்வொரு நீளத்தையும், வரைவளவுக் கேற்ப சுருக்கிக் கணிக்கும் வேலையில்லாமல், நேரடியாக இக்கோலில் குறித்துள்ள பெரிய அளவுகளைக் கொண்டு, நேரடியாக வரைவைத் தொடங்கலாம்.

சான்றாக 1 செமீ = 10 மீ என்ற வரைவளவுக்கான கோலில், முழு செமீ அளவுகளில் 10 மீ, 20 மீ என எழுதப்பட்டிருக்கும். எனவே நிலத்தில் எடுத்த அளவை வரைவு நீளத்திற்கு கணக்கிட்டுச் சுருக்கும் வேலையின்றி, வரைவு கோலின் எண்களைக் குறிக்கலாம். அத்தகைய வரைவளவு கோல்கள் (அ) போதுமான அளவுக்கு நீளமாக இருக்க வேண்டும். (18 செமீ முதல் 27 செமீ வரை இருக்கலாம். ஆனால் 32 செமீக்கு மிகக் கூடாது.)

(ஆ) அதை நுணுக்கமாகப் பிரித்து, கவனமாக எண் குறிக்க வேண்டும்.

(இ) சுழியை, முழு அலகுகளுக்கும், அதன் கீழ்வாய் பிரிவுகளுக்கும் இடையில் அமைக்க வேண்டும்.

(ஈ) வரை வளவின் பெயரும், அதன் சார்புப் பின்னமும், அதனடியில் எழுத வேண்டும்.

(உ) எளிதில் படிக்குமாறு அமைக்க வேண்டும். தரையில் உள்ள தூரத்தை, நிலப்படத்திலிருந்து அறிய கூடுதல் கணக்குகள் இன்றி எளிதில் அறியுமாறு இருக்க வேண்டும். எனவே வரைவளவின் பெரும் பிரிவுகள், ஒன்று, பத்து, நூறு போன்ற அலகுகளைக் குறிக்கவேண்டும்.

வரைவளவு கோல்களை, எளிய வரைவளவு, மூலைவிட்ட வரைவளவு, வெர்னியர் வரைவளவு என மூன்றாகப் பிரிக்கலாம்.

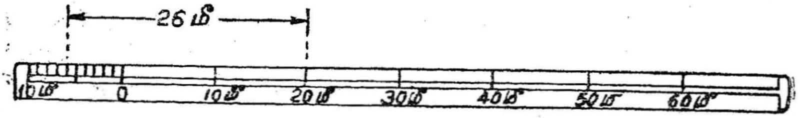
எளிய வரைவளவு: ஓர் எளிய வரைவளவில், இரண்டு அலகுகள் மட்டும் அளக்க முடியும். மீட்டர், டெசி மீட்டர் போல, ஓர் அலகு, அதன் பத்தின் பாகம் முதலியவை மட்டுமே அளக்க முடியும்.

எடுத்துக்காட்டு 1

மீட்டர் அளப்பதற்கு 1செமீ = 4மீ வரைவளவை அமைத்து அதில் 26 மீட்டரைக் காட்டுக.

விடை: 10 செமீ நீளக்கோடு வரைந்து அதை நான்கு சம பாகங்களாகப் பிரிக்கவும். இடது பக்கமுள்ள முதல் கட்டத்தைப் பத்தாகப் பிரிக்கவும்; இதில் ஒவ்வொன்றும் ஒரு மீட்டரைக் குறிக்கும். உட்பிரிவுப் பகுதிக்கும், முழுக்கட்டங்களுக்கும் இடையில் சுழியை அமைத்துப் பின் இருபக்கங்களிலும் எண்

களை ஏறுவரிசையில் குறிக்கவும் (படம் 7). 26 மீட்டர் அளக்க, பிரிப்பானின் (divider) ஒரு காலை 20 மீ லும் அடுத்ததை 6 மீ லும் வைக்கவும்.



எளிய வரைவளவு 1 செமீ = 4 மீ. சா.பி. $\frac{1}{400}$

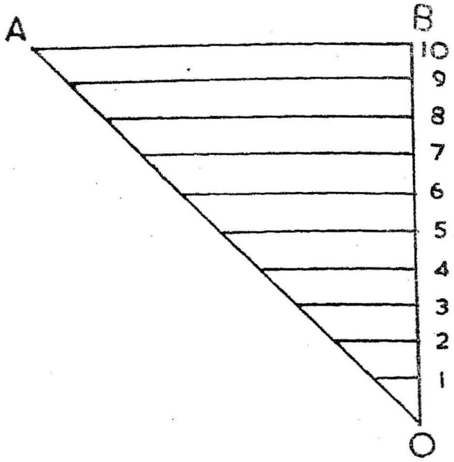
படம் 7

எச்சரிக்கை: வரைவளவு அமைக்கும் போது சாதாரணமாக வரும் பிழை, கட்டங்களை செண்டி மீட்டரில் அமைத்து நான் காகப் பிரித்து, பின்வரும் கட்டங்களை 4,8,12 என முறைப் படுத்துவதாகும். இத்தகைய வரைவளவுகளில் நீளத்தை உடனடி யாக எடுக்க முடியாமல், எண்ணி எடுக்க வேண்டியிருக்கும். அது எளிதல்ல. அதனால் 10, 20 போன்ற முழு மீட்டர்களைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும்.

IS 1491 — 1959 இன்படி பொறியாளர்கள், கட்டிடக் கலைஞர்கள், அளக்கையாளர்கள் பயன்படுத்தும் வரைவளவுகள் வார்னீசு செய்த அட்டையிலோ, பிளாஸ்டிக்கிலோ இருக்க வேண்டும். இதன்படி A,B,C,D,E,F என்ற ஆறுவகை வரைவளவு களின் பன்னிருவகைச் சுருக்கங்களுடன் அமைந்துள்ளன.

A	முழு அளவு		1 : 1
	50 செமீ க்கு ஒரு மீட்டர்		1 : 2
B	40 செமீ க்கு	,,	1 : 2.5
	20 செமீ க்கு	,,	1 : 5
C	10 செமீ க்கு	,,	1 : 10
	5 செமீ க்கு	,,	1 : 20
D	2 செமீ க்கு	,,	1 : 50
	1 செமீ ச்கு	,,	1 : 100
E	5 மிமீ க்கு	,,	1 : 200
	2 மிமீ க்கு	,,	1 : 500
F	1 மிமீ க்கு	,,	1 : 1000
	0.5 மிமீ க்கு	,,	1 : 2000

மூலைவிட்ட வரைவளவு : மீட்டர், டெசிமீட்டர் சென்டி மீட்டர் போல மூன்று அலகுகளில், அளக்க வேண்டிய பொழுது மூலைவிட்ட வரைவளவு பயன்படும். மூலைவிட்ட வரைவளவின்



படம் 8

அடிப்படைக் கொள்கை ஒரே மாதிரி (similar) முக்கோணங்களின் பக்கங்கள் நேர்விகித சமத்தில் இருக்கும் என்பதாகும் (படம் 8). *AB* என்ற கோட்டை பத்து சம பாகங்களாகப் பிரிக்க வேண்டியிருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். கோட்டின் நீளம் சிறியதாக இருப்பதால் வழக்கமான முறையில் பிரிக்க இயலாது. அதனால் பின் கண்ட வரைமுறையைப் பின்பற்றலாம்.

*AB*க்கு செங்குத்தாக ஒரு கோடு வரைந்து கொண்டு, அதை ஏதாவது ஓர் அலகினால் பத்து சம பாகமாகப் பிரித்துக் கொள்க. பத்தாவது பாகத்தின் இறுதி சுழி ஆகும். *OA* யை சேர்த்து ஒரு கோடும் *AB* க்கு இணையாக 9 புள்ளிகளிலிருந்தும் இணை கோடுகளும் வரைந்து கொள்க. இவ்விணை கோடுகள் *OA* யை முட்டும்.

இப்போது 1 — 1 கோடு *AB* யில் பத்தில் ஒரு பாகம்.

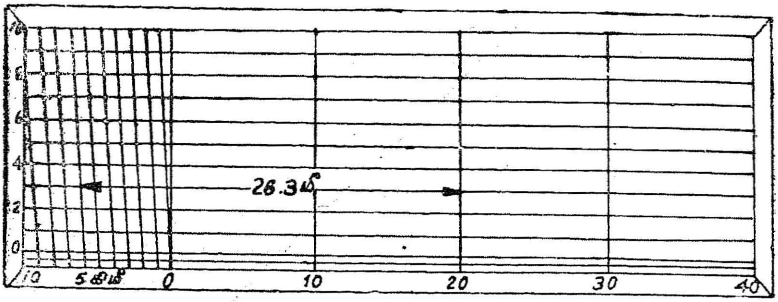
3 — 3 ,, ,, ,, மூன்று ,,

5 — 5 ,, ,, ,, ஐந்து ,,

7 — 7 ,, ,, ,, ஏழு ,,

எடுத்துக்காட்டு 2

1 செமீ = 2·5 கிமீ என்ற மூலை விட்ட வரைவளவு அமைத்து 26·3 மீட்டரை அளந்து காட்டுக.

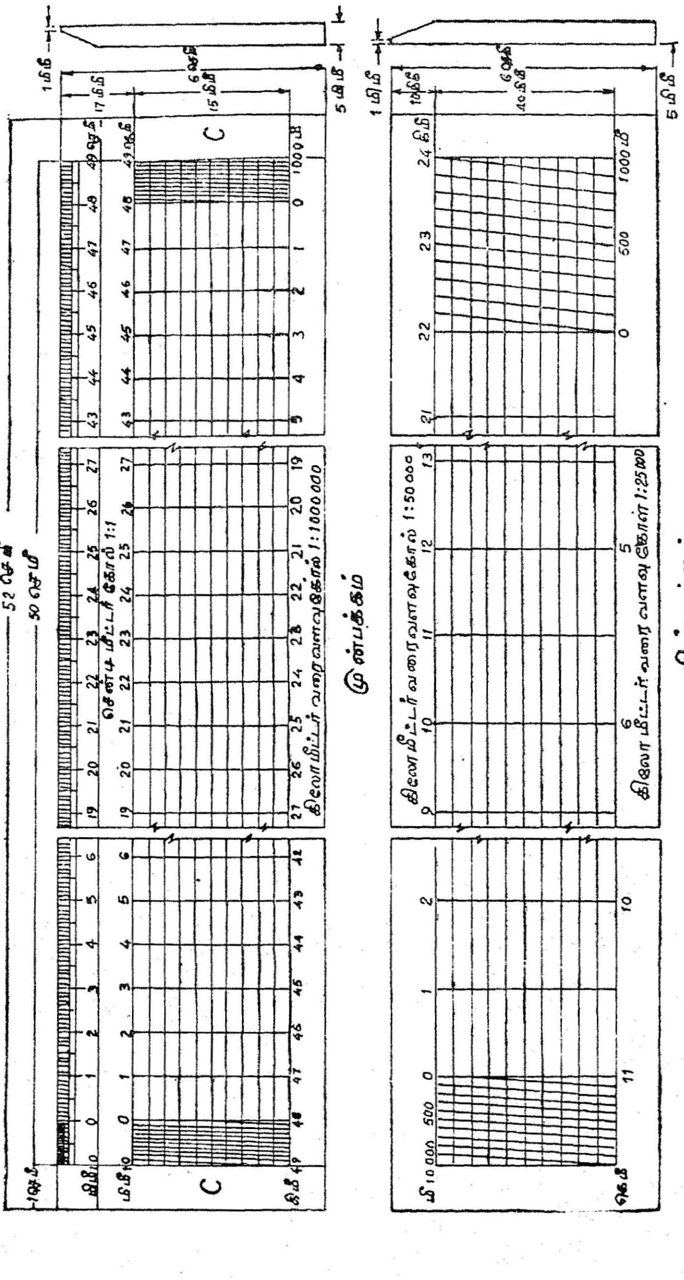


மூலைவிட்ட வரைவளவி 1 செமீ = 2·5 கிமீ. சா.பி = $\frac{1}{2,50,000}$

படம் 9

50 கிமீ யைக் காட்ட 20 செமீ நீளக்கோடு வரைக. ஒவ்வொரு பாகமும் 10 கிமீ அளக்கத் தகுந்தாற்போல, அதை ஐந்து சம பாகங்களாகப் பிரித்துக் கொள்க. இடதுகோடி முதல் பாகத்தை 10 சமபாகமாக்குக; அது ஒவ்வொன்றும் ஒரு கிமீ யைக் காட்டும். இடது கோடி முனையிலிருந்து ஒரு செங்குத்துக்கோடு வரைந்து, ஒரு வசதியான அலகில் அதில் பத்து சமபாகங்கள் பிரிக்கவும். இவ்வாறு பிரிக்கப்பட்ட புள்ளிகளின் மூலமாக அடியில் வரைந்துள்ள மூல அளவுக் கோட்டிற்கு இணை கோடுகள் வரைக. இனிப்படம் ஒன்பதில் காட்டியபடி, இடது கோடிக் கட்டத்தில் காட்டியபடி, மேல் கோட்டிலும், கீழ்க் கோட்டிலும் நேருக்கு நேர் உள்ள புள்ளிகளை விடுத்து அடுத்த புள்ளிகளை இணைத்து மூலை விட்டங்கள் வரைக. இப்போது மூலைவிட்ட வரைவளவு தயார். இதில் 26·4 கிமீ அளக்க, பிரிப்பானின் ஒரு காலை கிடை 3ம், செங்குத்து 20மீ வெட்டும் புள்ளியிலும், இரண்டாவது காலை கிடை 3ம், மூலை விட்டம் 6ம் வெட்டும் புள்ளியிலும் வைக்கவும். இப்போது பிரிப்பானின் கால் அகலம் 26·4 கிமீ ஆகும்.

அளவையாளர்களும், பொறியாளர்களும் பயன்படுத்தும் மூலைவிட்ட வரைவளவுகள் பற்றிய விவரத்தை IS 1562—1962 தருகிறது. A B,C,D என்ற நான்கு வகை மூலைவிட்ட வரை



படம் 10. நீலவரிட்ட வரைவளவு கோல்

வளவுகள் உண்டு. B,C என்ற பெயருள்ளவை $\frac{1}{100,000}$, $\frac{1}{50,000}$, $\frac{1}{25,000}$ என்ற சார்புப் பின்னமுள்ள மூன்று மூலைவிட்ட வரை வளவுகளும் D என்ற பெயருள்ளது $\frac{1}{100,000}$, $\frac{1}{8,000}$, $\frac{1}{4,000}$ என்ற சார்புப் பின்னமுள்ள மூன்று மூலைவிட்ட வரைவளவு களும் கொண்டிருக்கும். A என்பது 1 : 1 அளவுக்கான ஒரே மூலைவிட்ட வரைவளவு கொண்டதாகும். Bயும் Cயும், அதனதன் பிரிக்கப்பட்ட நீளத்தைத் தவிர, மீதி எல்லா வகையிலும் ஒரே மாதிரியானவை. A,B,C,Dக்கான பிரிக்கப்பட்ட நீளம் முறையே 150 செமீ, 100 செமீ, 50 செமீ, 150 செமீ ஆகும். பத்தாம் படத்தில் Cயின் உருவம் காட்டப்பட்டுள்ளது

ஒப்புமை வரைவளவுகள்: பொதுவான சார்புப் பின்னங்களை உடைய வரைவளவுகள் ஒப்புமை வரைவளவுகள் எனப்படும். அலகுகள் மீட்டராக இருந்தாலும், கசமாக இருந்தாலும் சார்புப் பின்னம் ஒன்ருக உள்ள வரைவளவிலிருந்து நேரடியாக அளவு பார்க்கலாம்.

எடுத்துக்காட்டு

ஒரு ஸ்கூட்டர் ஒரு மணிக்கு 50 கிலோ மீட்டர் வீதம் ஓடுகிறது. அந்த ஸ்கூட்டரின் ஓட்டத்தை 15 நொடி துல்லிய மாக அறிவதற்கு 1=2,50,000 சார்புப் பின்னத்தில் ஓர் ஒப்புமை வரைவளவு வரைக.

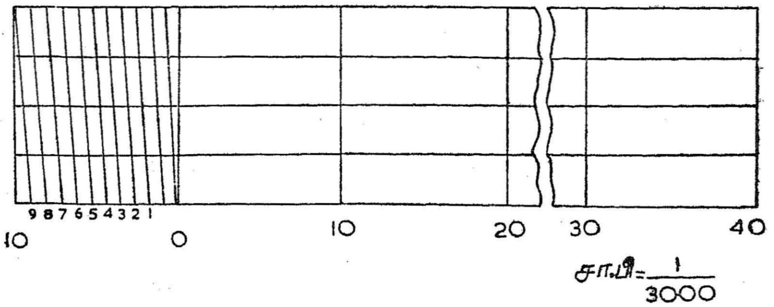
சார்புப் பின்னம் = 1 = 2,50,000

2,50,000 செமீ படத்தில் ஒரு செமீ யைக் காட்டுவதால்

$$50 \text{ கிமீ} = \frac{50 \times 100,000}{2,50,000} = 20 \text{ செமீ}$$

ஒரு மணி நேரம் 20 செமீ நீளத்தில் குறிக்கப்படுகிறது. எனவே 20 செமீ நீளக்கோடு வரைந்து கொள்க. அதை 6 பகுதிகளாகப் பிரித்துக் கொள்க. ஒவ்வொன்றும் 10 நிமிடத்தை குறிக்கும். முதல் பிரிவைப் பத்தாகப் பிரித்துக் கொள்க. இந்தப் பிரிவில் ஒவ்வொன்றையும் மூலைவிட்ட வரை வளவுப்படி நான்காகப் பிரித்துக் கொண்டால் 15 நொடி அளவு கிடைக்கும். ஒப்புமை வரைவளவு தயார். இதில் குறிப்பிட்ட நேரத்தில் ஓடும் தொலைவை எந்த அலகாலும் கண்டுபிடிக் கலாம். ஆங்கில முறையில் வேண்டுமானுல் குறிப்பிட்ட நேரத்திற்

கான தொலைவை அங்குலத்தில் அளந்து கொண்டு அதை 2,50,000 ஆல் பெருக்கினால் தொலைவு அங்குலத்தில் கிடைக்கும். அதை மைல், பர்லாங், கசமாக மாற்றிக் கொள்ளலாம்.



படம் 11

சுருங்கிய வரைவளவு: ஒரு பழைய நிலப்படம் சுருங்கி விட்டதென வைத்துக் கொள்வோம். அதன் வரைவளவு படமாக இல்லாமல், எண்ணால் சொல்லப்பட்டிருந்தாலோ அல்லது அதன் சார்புப் பின்னம் சொல்லப்பட்டிருந்தாலோ அந்த நிலப்படத்தின் சுருக்கத்தைக் காணல் வேண்டும். அந்த நிலப்படத்தின் தெரிந்த இரு புள்ளிகளின் நீளத்தை அளந்து, கூறப்பட்ட வரைவளவு அல்லது சார்புப் பின்னத்தின் படி அசல் நீளத்தைக் கண்டுபிடிக்கலாம். இந்த நிலப்படத்தொலைவு, உண்மை நீளத்தை விடக் குறைவாக இருக்கும். அதிலிருந்து சுருக்கக் காரணி (shrinkage factor) யை அறியலாம்; இது ஒன்றிற்கு குறைவாக இருக்கும். நிலப்படத்தில் குறிப்பிடப்பட்ட சார்புப் பின்னத்துடன், சுருக்கக் காரணியைப் பெருக்கினால் வரும் தொகைதான் சுருங்கிய நிலப்படத்தின் தற்போதைய சார்புப் பின்னம் ஆகும். சான்றாக, சார்புப் பின்னம் $= \frac{1}{2500}$ ஆகவும், சுருக்கக் காரணி $\frac{24}{25}$ என்றும் இருந்தால், நிலப்படத்தின் புதிய சார்புப் பின்னம் $= \frac{1}{2500} \times \frac{24}{25} = \frac{1}{2604}$ அல்லது 1 செமீ = 26·04 மீ ஆகும்.

வெர்னியர் கோல்: ஒரு பெரிய அளவு கோலின் முக்கிய பாகத்தின் பின்னத்தை துல்லியமாக அளக்கப் பயன்படும் ஏற்பாடுள்ள கோல் வெர்னியர் கோல் எனப்படும். இது மூலக் கோலின் மீது நகர்ந்து செல்லக் கூடிய சிறிய கோல் ஆகும். இதையே வெர்னியர் கோல் என்கிறோம். வெர்னியர் பெருமகனாரின் பெயரால் இது வெர்னியர் என வழங்குகிறது.

வெர்னியரிலும் அளவு பிரிக்கப்பட்டிருக்கும். அம்புக்குறி உள்ள கோடு சுழியைக் குறிக்கும். வெர்னியர், நேராகவோ வளை வாகவோ, இருக்கலாம்.

வெர்னியர் இரண்டு வகைப்படும் : ஒன்று நேர் வெர்னியர். மற்றது பின் வெர்னியர்.

நேர் வெர்னியர் (படம் 12): நேர் வெர்னியரில் மூலக் கோலின் சிறிய பிரிவில் $\frac{1}{n}$ பாகத்தை அளக்க வேண்டுமானுல், $(n-1)$ எண்ணமுள்ள சிறிய பிரிவுகளை எடுத்துக் கொண்டு n சமபாகங்களாகப் பிரிக்க வேண்டும். இதன்படி வெர்னியர் பாகம், மூலக் கோலின் சிறு பாகத்தை விடச் சிறியதாக இருக்கும்.

d என்பது மூலக் கோலின் சிறு பாகமாக இருக்கட்டும்.

(நீட்டலளவு, கோண அளவு அல்லது ஏதாவதொரு மதிப்பாகவும் இருக்கலாம்.)

v = வெர்னியரின் சிறு பாகத்தின் மதிப்பு.

n = வெர்னியரில் உள்ள சிறு பாகங்களின் எண்ணிக்கை.

அப்போது, $nv = (n-1)\, d$

அல்லது $v = \frac{n-1}{n}\, d$

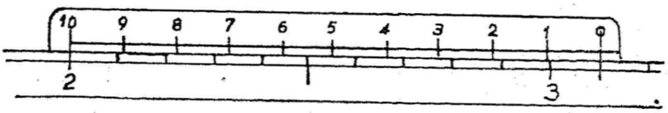
மூலக்கோலின் சிறுபாகத்திற்கும், வெர்னியரின் சிறு பாகத்திற்கும் உள்ள வேறுபாடு $= d - v = d - \left(\frac{n-1}{n}\right) d = \frac{1}{n} d$

படம் 12

இந்த வேறுபாட்டை சிற்றெண்ணம் (least count) எனலாம். எனவே ஒரு வெர்னியர் சிற்றெண்ணத்தைக் கண்டுபிடிக்க, மூலக் கோலின் சிறு பாகத்தை, வெர்னியரிலுள்ள சிறுபாகங்களின் எண்ணிக்கையால் வகுக்க வேண்டும்.

நேர் வெர்னியரில் இரண்டு கோல்களிலும் ஒரே திசையில் அளவுகள் குறிக்கப்பட்டிருக்கும்; இடமிருந்து வலமாகவோ, வலமிருந்து இடமாகவோ, ஒரே திசையில் இருக்கும் வெர்னியரின் சுழி, மூலக் கோலின் ஏதாவது ஒரு கோட்டுடன் நேராக இருக்கும்போது, வெர்னியரின் முதல் பாகம் மூலக் கோலின் அடுத்த பாகத்திற்கும் சற்றே குறைந்திருக்கும்; குறைவின் அளவு மூலக் கோலின் சிறு பாகத்தில் $\frac{1}{n}$ பாகம் ஆகும். வெர்னியரின் q யாவது கோடு (ஆறாவது, ஏழாவது என்பது போல) மூலக் கோலின் q யாவது கோட்டைவிட $\frac{q}{n}$ பாகம் குறைந்திருக்கும்.

வெர்னியரில் அளவு படித்தல் : அளக்கைக் கருவிகளில் பின்ன அளவை எளிதில் படிக்குமாறு வெர்னியர் அமைக்கப் பட்டிருக்கும் வெர்னியரின் அம்புக்குறி (சுழி) மூலக் கோலின் எந்த பாகத்திற்கு அடுத்து இருக்கிறதோ அதுவரை குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். பிறகு வெர்னியரில் எத்தனாவது கோடு, மூலக் கோலின் எந்த ஒரு கோட்டுடன் நேராக இருக்கிறதென்பதைப் பார்க்க வேண்டும். வெர்னியரின் சிற்றெண்ணத்தை (least count) இந்த எண்ணால் பெருக்கினால் பின்னம் கிடைத்துவிடும். இதை மூலக் கோலிலிருந்து ஏற்கனவே குறித்து வைத்த அளவோடு கூட்டிக் கொண்டால் மொத்த அளவு கிடைக்கும். ஒரு நேர் வெர்னியர் கோலைக் கையில் வைத்துக் கொண்டு அளந்து பார்த்தால் எளிதில் விளங்கும்.



பின் வெர்னியர்

படம் 13

பின் வெர்னியர் : இதில் மூலக் கோலின் $(n+1)$ பாகங்களை எடுத்துக் கொண்டு, அதை n பாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது (படம் 13).

அதனால் $nv = (n+1)\,d$

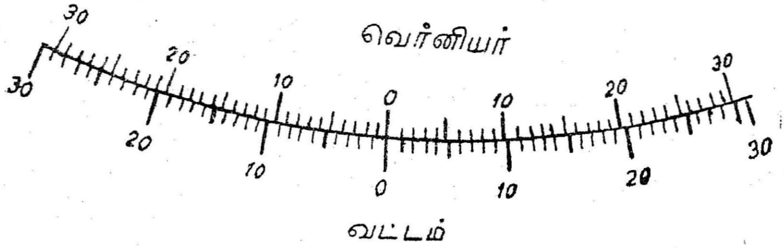
அல்லது $v = \frac{(n+1)}{n}\,d$

சிற்றெண்ணம் $= (v-d) = \frac{(n+1)}{n}\,d - d = \frac{1}{n}\,d$

இதில் வெர்னியரின் பாகம் மூலக் கோலின் பாகத்தை விடப் பெரியதாக இருக்கும். இதில் மூலக் கோலின் அளவுக் கோடுகள் ஏறும் வரிசைக்கு எதிராக, வெர்னியரின் அளவுகள் இருக்கும். இதில் எண்கள் பின்னோக்கி இருக்குமாதலால், வெர்னியரின் எத்தனுவது கோடு, முக்கிய வரைவளவியின் ஏதாவது ஒரு கோட்டுக்கு நேராக இருக்கிறதென்று கண்டு, அதை சிற்றெண்ணத்தால் பெருக்கி, மூலக் கோலில் உள்ள அளவோடு கூட்டிக் கொள்ள வேண்டும்.

பின் வெர்னியரில், வெர்னியரின் பாகங்கள் சற்று பெரிதாக இருக்குமென்பதைத் தவிர கூடுதல் அனுகூலமில்லை. நேர் வெர்னியரே படிப்பதற்கு எளிதாக இருப்பதால் பெரும்பாலும் புழக்கத்தில் உள்ளது.

இரட்டை வெர்னியர் : வெர்னியரில் ஒரு திசையில் மட்டும் தான் பின்னத்தை அளக்க முடியும். மூலக் கோலின் சுழியை மையமாகக் கொண்டு இரு திசையிலும் வளரும் அளவுகள் சில வேலைகளில் வரையப்பட்டிருக்கும். அதற்கு ஒரு திசை வெர்னியர் போதாது. அதனுல் வெர்னியரிலும் சுழியில் தொடங்கி இரண்டு திசையிலும் வளரும் இரட்டை வெர்னியர் அமைக்கப் பட்டுள்ளது. மூலக் கோலின் அளவுகள் எத்திசையில் உயருகின்றனவோ, அதே திசையில் உயரும் வெர்னியரைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

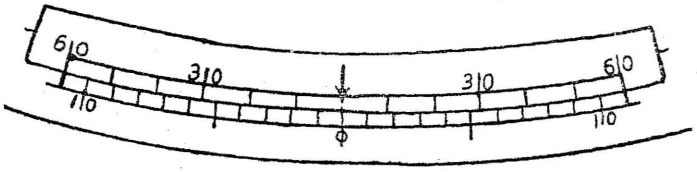


படம் 14

தியோடலைட் போன்று செங்குத்துக் கோணங்களை அளக்கும் சிலவகைக் கருவிகளில், செங்குத்து வட்டத்தில் ஒவ்வொரு கால் பாகமும் ஒவ்வொரு திசையில் வளரும் வகையில் அளவுகள் குறிக்கப்பட்டிருக்கும். அது போன்ற கருவிகளில் ஒரு வெர்னியர் மட்டும் வைத்து, அளவு எண்கள் ஒரு வரிசை ஒரு திசையிலும், இன்னொரு வரிசை எதிர் திசையிலும் வளருமாறு அமைத்திருப்

பார்கள். இதில் மூலக் கோலின் எந்த திசையில் கூடுகிறதோ, வெர்னியரில் அதே திசையில் வளரும் எண்கள் கொண்ட கோடு களைக் கொண்டு படிக்க வேண்டும்.

நீட்டித்த வெர்னியர் (படம் 15) : வெர்னியருக்குக் கிடைத்த நீளம் குறைவாகவும், வெர்னியர் இடைவெளிகள் படிப்பதற்கு சற்று வசதியாக நீளமாக இருப்பதற்கும், மிகச் சிறிய சிற்றெண்ணம் தேவைப்படும் போதும் நீட்டப்பட்ட வெர்னியர்



நீட்டித்த வெர்னியர்

படம் 15

உபயோகப்படுத்தப்படுகிறது. அபினி மட்டம், விண்ணியல், கடற் கோணமானி (sextant) போன்ற கருவிகளில் இது பயன் படுகிறது. இது எளிய வெர்னியர் போன்றது தான்; இதில் மூலக் கோலின் இரண்டு சிறு பாகங்களுக்கும், வெர்னியரின் ஒரு பாகத்திற்குமுள்ள வேறுபாடு சிற்றெண்ணம் ஆகிறது.

மூலக் கோலின் $(2n-1)$ பாகங்களை எடுத்துக் கொண்டு, வெர்னியரில் அதை n பாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. அதனால்

$$nv = (2n-1)d$$

$$v = \frac{(2n-1)}{n} d$$

இதில் சிற்றெண்ணம் முக்கிய வரைவளவியின் இரண்டு பாகத் திற்கும், வெர்னியரின் ஒரு பாகத்திற்குமுள்ள வேறுபாடு.

$$\therefore \text{ சிற்றெண்ணம் } = 2d - v$$

$$= 2d - \frac{(2n-1) \cdot d}{n} = \frac{1}{n} d$$

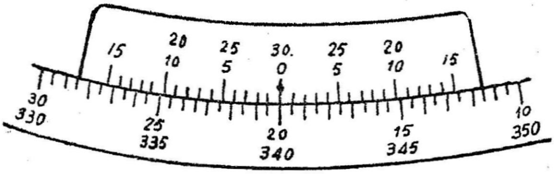
எடுத்துக்காட்டு

அபினி மட்ட வெர்னியரின் சிற்றெண்ணம் 10′. மூலக் கோலின் 1° பகுதிகள் பதினொன்றின் நீளம், வெர்னியரில் ஆறு சம பாகமாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது.

$$\therefore \quad n = 6, \quad d = 1^\circ$$

$$\text{சிற்றெண்ணம் } \frac{1}{n} d = \frac{1}{6} \times 60' = 10'$$

விண்ணியல் கடற்கோணமானி நீட்டித்த வெர்னியர் 10″ அளக்கப் பயன்படுகிறது. வில் பகுதிகள் ஒவ்வொன்றும் 10′; 119 வில் பகுதிகள், வெர்னியரின் 60 பாகங்களுக்கு சமம். எனவே $n = 60$, $d = 10'$. சிற்றெண்ணம் $= \frac{1}{n} d = \frac{1}{60} \times 10' = \frac{1}{6} = 10''$.



இரட்டை மடிப்பு வெர்னியர்

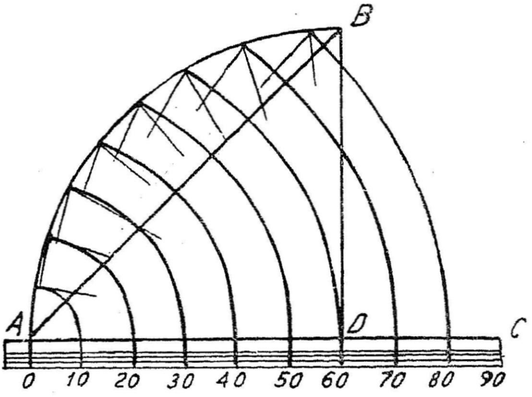
படம் 16

இரட்டை மடிப்பு வெர்னியர் : பதினாறும் படத்தில் இரட்டை மடிப்பு வெர்னியர் என்ற புதுவிதக் கோல் காட்டப்பட்டுள்ளது. சிறு வகை தியோடலைட்களிலும், காந்த வட்டைகளிலும் பயன் படுகின்றது. இது இரட்டை வெர்னியரில் பாதி நீளம் தான் இருக்கும்; இடம் மிச்சம் பிடிக்க வேண்டிய இடங்களில் இது பயன்படுகிறது. இவ்வகை வெர்னியரில் எண்கள் இரண்டு வரிசையில் எழுதப்பட்டுள்ளன.

வலப்பக்க வளர்ச்சிக் கோணங்களுக்கு 15′ வரை அளக்க வலப்பக்கக் கீழ் வரிசையில் உள்ள எண்களையும் படிக்க வேண்டும். அதேபோல இடப்பக்கம் வளரும் கோணங்களை அளக்க, 15′ வரை இடப்பக்கக் கீழ்வரிசை எண்களையும் 15′ க்குமேல் வலப்பக்கக் கீழ் வரிசை எண்களையும் படிக்க வேண்டும்.

நாண்கோல்

வரைவளவுகளின்போது கோணங்களைக் கருக்காக அமைப்ப தற்கு நாண்கோல் (படம் 17) பயன்படுகிறது. இதில் நாண் நீளம் அறிந்து கொண்டு, அதன் மூலம் அக்கோணம் அமைக்கப்படுகிறது.



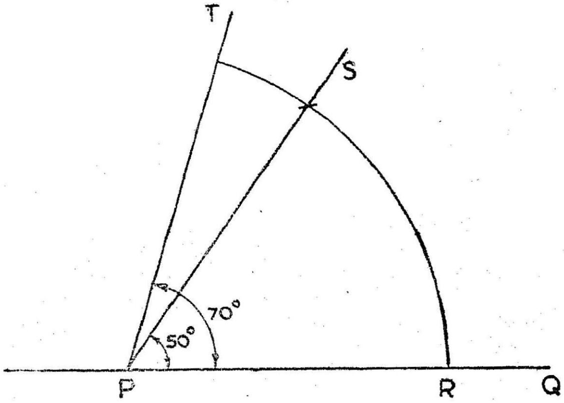
படம் 17

இது செவ்வகக் கோணமானியிலோ, அல்லது மரக் கோல்களிலோ வரைந்து வைக்கப்பட்டிருக்கும். அவற்றின் அடியில் 'C' என்றோ "CHO" என்றோ குறிக்கப்பட்டிருக்கும்; அதில் சுழி முதல் 90 பாகை வரை எண்கள் குறிக்கப் பட்டிருக்கும்.

அமைப்பு: *AOB* என்ற கால் வட்டம் வரைந்து கொள்க. ஒரு குறிப்பிட்ட முழு எண் நீளத்தை ஆரமாக எடுத்துக் கொள்க. *AB* வில்லை, 10 பாகை அளவினதாக ஒன்பது சமபாகமாகப் பிரித்துக் கொள்க. *A* யை மையமாக வைத்துக் கொண்டு, ஒவ்வொரு பாகத்தின் நாண் நீளத்தை, வில் மூலமாக *AC* கோட்டிற்கு மாற்றி 10°, 20°, 30° எனத் தொடர்ந்து குறித்துக் கொள்க. இதில் 60 பாகையின் நாண் சரியாக *O* வில் வந்து வெட்டும். அதாவது அது, ஆரத்திற்குச் சமம்.

நாண் கோல் கொண்டு 50°, 70° கோணங்கள் குறித்தல் (படம் 18): *PQ* என்ற கிடைக்கோடு வரைந்து கொள்க. *PR* = ஆரமாக இருக்கும்படி அளந்து வைத்து *R* புள்ளியைக் குறித்துக் கொள்க. *P* யை மையமாக வைத்து வட்டப் பாதை வரைந்து கொள்க. 50 பாகைக்கான நாண் நீளத்தை அளந்து *R* புள்ளியி

லிருந்து வட்டப் பாதையில் வெட்டி S புள்ளியைக் குறித்துக் கொள்க. PS கோணம் 50° பாகையாகும். அதேபோல 70 பாகைக்கான நாண் நீளத்தை அளந்து, R புள்ளியை மையமாக வைத்து, வட்டப்பாதையில் வில் வெட்டி T புள்ளியைக் குறித்துக் கொள்க. QPT கோணம் 70 பாகையாகும்.



படம் 18

ஒரு கோணத்தை அளத்தல் : RPS கோணம் அளக்க P யை மையமாகவும் நாண்கோலின் ஆரத்தை நீளமாகவும் வைத்து ஒரு வட்டப்பாதை வரைக. அது S என்ற இடத்தில், PS கோட்டை வெட்டும். RS நாண் நீளத்தை அளந்து, நாண் கோலில், சுழியிலிருந்து வைத்து கோணம் படிக்கவும்.

தவறான வரைவளவு கோல்களால் அளவு எடுத்தல்: வரை படங்களிலிருந்து நீளம் அளக்க, அந்தப் படத்தின் வரைவளவு கொண்ட கோலிலேயே, அளவு எடுக்க வேண்டும். தவறுதலாக வேறு கோல்கள் பயன்படுத்தி அளவு படிக்கும் நிலைமையும் ஏற்பட்டு விடலாம். அப்போது

$$\text{அசல் நீளம்} = \frac{\text{தவறான வரைவளவு}}{\text{சரியான வரைவளவு}} \times \text{அளந்த நீளம்.}$$

$$\text{அசல் பரப்பு} = \left(\frac{\text{தவறான வரைவளவு}}{\text{சரியான வரைவளவு}}\right)^2 \times \text{கணக்கிட்ட பரப்பு}$$

குறிப்பு : வரைவளவு என்ற இடத்தில் அதன் சார்புப் பின்னம் போட்டுக் கொண்டு சரியான அளவு கணக்கிட வேண்டும்.

அளக்கை நிலப் படங்களுக்கான வரைவளவுகள்:

பூகோள நிலப்படங்கள்:

1 செமீ = 160 கிமீ (சா. பி. $\frac{1}{1,60,00,000}$) முதல்

1 செமீ = 5 கிமீ (சா. பி. $\frac{1}{5,00,000}$) வரை

இடத்தமைவு நிலப்படங்கள் (Topographic Maps)

1 செமீ = 2·5 கிமீ (சா. பி. $\frac{1}{2,50,000}$) முதல்

1 செமீ = 0·25 கிமீ (சா. பி. $\frac{1}{25,000}$) வரை

பெரிய வரைவளவுப் படங்கள் (Large Scale Maps)

$\frac{1}{10,000}$ முதல் $\frac{1}{20,000}$ வரை சா. பி. உள்ளவைகளாக இருக்கலாம்.

அமைவுநிலப்படங்கள் (Location Maps)

1 : 2500 முதல் 1 : 500 வரை.

தீர்வை நில அளவுப் படங்கள் (Cadastral Maps)

இவற்றின் வரைவளவுகளை 1 : 1000, 1 : 2000, 1 : 5000 & 1 : 25,000 ஆகியவற்றிற்குள் அடக்கிக் கொள்ளலாம். விளக்கம் தேவைப்படும் சிறு சிறு பகுதிகளுக்கு 1 : 500, 1 : 3000, 1 : 4000 ஆகியவற்றில் வரைந்து கொள்ளலாம்.

காடுகளின் நிலப்படங்கள் (Forest Maps)

1 : 25,000 வரைவளவில், 10 மீ நிலைவெளி உள்ள ஒருயரக் கோடுகள் கொண்டதாக இருக்கலாம்.

மண்வெட்டு வேலைப் படங்கள்

1 : 2500 முதல் 1 : 100 வரை இருக்கலாம்.

நெடுக வெட்டுத் தோற்றங்கள் (Profile or Longitudinal Section): இரண்டு வகை வரைவளவுகளுடன் வரையப்படுகின்றன.

கிடை வரைவளவுகள்	1 : 25,000
	1 : 2000
	1 : 1000
நிலை வரைவளவுகள்	1 : 200
	1 : 100

குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றங்கள் (Cross-sections): இயல்பான வரைவளவுப்படி (கிடை மட்டத்திலும், நிலை உயரத்திலும் ஒரே வரைவளவுடன்) வரையப்படுகின்றன. அவை 1 : 200 அல்லது 1 : 100

எடுத்துக்காட்டுகள்

எடுத்துக்காட்டு 1

அடையாற்றிலிருந்து உயர்நீதி மன்றம் 12 கிமீ தொலைவில் உள்ளது. வரைபடத்தில் அது 2·4 செமீ இடைவெளியில் காட்டப்பட்டுள்ளது. அந்தப் படத்தில் 36·3 கிமீ தொலைவு அளப்பதற்காக ஒரு வரைவளவு கோல் தயார் செய்க.

2·4 செமீ = 12 கிமீ

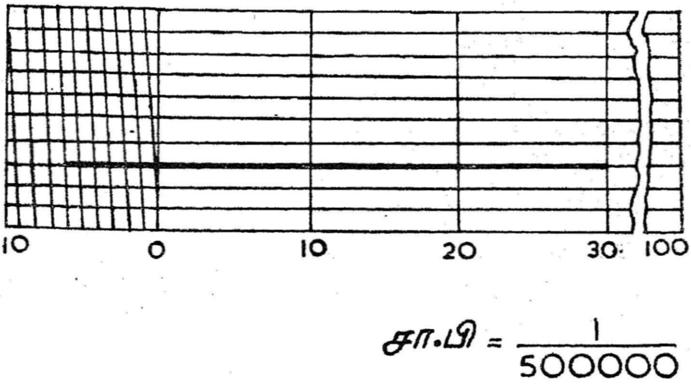
1 செமீ = 5 கிமீ

∴ வரைவளவு 1 செமீ = 5 கிமீ

சார்புப் பின்னம் $= \frac{1}{5,00,000}$

இந்தக் கோலில் 0·1 கிமீ அளக்க வேண்டுமாதலால் மூலை விட்டக் கோல் தயாரிக்க வேண்டும்.

தயாரிப்பு : 100 கிமீ யைக் குறிக்கும் 20 செமீ நீளக்கோடு வரைந்து அதைப் பத்து சமபாகங்களாகப் பிரித்துக் கொள்க.



படம் 19

முதல் பாகத்தை மேலும் 10 சமபாகங்களாக பிரித்துக் கொள்க. முதல் பாகத்தில் செங்குத்துக் கோடு ஒன்று வரைந்து

அதில் 10 சமபாகங்களாகப் பிரித்துக் கொண்டு, அவற்றின் வழி யாகக் கிடைக்கோடுகள் வரைந்து கொள்க. முதற் பகுதியின் மேற் கோட்டில் உள்ள 10 பிரிவுகளையும், கீழ்க் கோட்டிலுள்ள 10 பிரிவுகளையும்நேருக்கு நேர் சேர்க்காமல், அடுத்தடுத்த கோடு களைச் சேர்த்துக் கொள்க.

36·3 கிமீ அளக்க, பிரிப்பியின் ஒரு காலை 30 கிமீ க்கு மேலே மூன்றாவது கோட்டிலும், இரண்டாவது காலை அது சாய்வுக் கோடு ஆறை வெட்டுமிடத்திலும் வைக்க வேண்டும் (படம் 19).

எடுத்துக்காட்டு 2

ஒரு தரைப்படத்தில் 7·5 செமீ × 5·5 செமீ பரப்பு 61875 மீ² பரப்பைக் குறிக்கிறது. அதில் 1 மீ அளவுக்கு துல்லியமாக அளப்ப தற்கு ஒரு வரைவளவு கோல் தயார் செய்க.

படத்தில் பரப்பு = 7·5 × 5·5 = 41·25 செமீ²

∴ படத்தில் 41·25 செமீ² = நிலத்தில் 61875 மீ²

∴ 1 செமீ² = 225 மீ²

∴ 1 செமீ = 15 மீ

படத்தின் வரையளவு 1 செமீ = 15 மீ

சார்புப் பின்னம் $= \dfrac{1}{15 \times 100} = \dfrac{1}{150}$

ஒரு மீட்டர் துல்லியம் தேவை யென்றால் மூலைவிட்டக் கோல் தயாரிக்க வேண்டும்.

தயாரிப்பு

300 மீட்டரைக் குறிக்க 20 செமீ நீளக் கோடு வரைந்து கொள்க. அதை மூன்றாகப் பகிர்ந்து 100 மீ, 0 மீ, 100 மீ, 200மீ என அளவு குறித்துக் கொள்க. முதல் பாகத்தைப் பத்தாகப் பிரித்துக் கொள்க. செங்குத்துக் கோடு வரைந்து அதையும் பத்தாகப் பிரித்துப் படத்தில் காட்டியபடி கோடுகள் வரைந்து கொள்க இப்போது ஒரு மீ துல்லியத்திற்கு நீளம் அளக்கலாம்.

எடுத்துக்காட்டு 3

ஓர் இலவந்திகை (பூங்கா) யின் அளவு ஊர்ப்படத்தில் 60 செமீ × 35 செமீ உள்ளது. ஊர்ப்படத்தின் வரைவளவு 1 செமீ = 100 மீ. இலவந்திகையின் பரப்பு எவ்வளவு எக்டேர் ?

1 செமீ = 0·5 கிமீ வரைவளவுள்ள இடத்தமைவுப் படத்தில் அதன் பரப்பு எவ்வளவு? ஊர்ப்படம், இடத்தமைவுப் படம் இரண்டின் சார்புப் பின்னங்கள் என்னென்ன?

(அ) ஊர்ப்படத்தின் வரைவளவு = 1 செமீ = 100 மீ

∴ படத்தில் 1 செமீ^{2} = 10,000மீ^{2} நிலத்தில்

இலவந்திகையின் பரப்பு படத்தில் = $60 \times 35 = 2100$ செமீ^{2}

∴ நிலத்தில் பரப்பு = $2100 \times 10{,}000$ மீ^{2}

= 2,10,00,000 மீ^{2}

= 2,100 எக்டேர்.

(ஆ) இடத்தமைவுப் படத்தின் வரைவளவு : 1 செமீ = 0·5கிமீ

= 500 மீ

படத்தில் 1 செமீ^{2} = நிலத்தில் 500×500 மீ^{2}

= 2,50,000 மீ

∴ நிலத்தில் 2,10,00,000 மீ^{2} உள்ள இலவந்திகையின்

பரப்பு, படத்தில் $= \dfrac{2{,}10{,}00{,}000}{2{,}50{,}000} = 84$ செமீ^{2}

(இ) ஊர்ப்படத்தின் வரைவளவு : 1 செமீ = 100 மீ

சார்புப் பின்னம் $= \dfrac{1}{100 \times 100} = \dfrac{1}{10{,}000}$

இடத்தமைவுப் படத்தின் வரைவளவு : 1 செமீ = 0·5 கிமீ

சார்புப் பின்னம் $= \dfrac{1}{0{\cdot}5 \times 1000 \times 100} = \dfrac{1}{50{,}000}$

எடுத்துக்காட்டு 4

கீழ்க்கண்ட சார்புப் பின்னங்களுக்கேற்ற வரைவளவு கோல்கள் சென்டிமீட்டரில் வரைக.

(அ) $\dfrac{1}{1{,}00{,}000}$ (ஆ) $\dfrac{1}{4000}$ (இ) $\dfrac{1}{75}$

(அ) நிலத்தில் 1,00,000 செமீ = படத்தில் 1 செமீ

,, 1 கிமீ = ,, 1 செமீ

10 செமீ நீளக் கோட்டை 10 பகுதிகளாகப் பிரித்து கொண்டு, பெரும் பிரிவுகள் ஒரு கிலோமீட்டரையும், முதல் பிரிவை 10 உட்பிரிவாகப் பிரித்து 100 மீட்டரையும், அதில் செங்குத்துக் கோடு வரைந்து பத்தாகப் பிரித்து மூலை விட்டங்கள் வரைந்து அதில் 10 மீட்டரையும் அளக்கலாம்.

(ஆ) தரையில் 4000 செமீ = படத்தில் 1 செமீ
,, 40 மீ = ,, 1 செமீ

10 செமீ நீளக்கோட்டை 4 பகுதிகளாகப் பிரித்து, பெரும் பிரிவுகளில் 100 மீட்டரையும், முதல் பிரிவில் பத்து உட்பிரிவு செய்து அதில் 10 மீட்டரையும் மூலைவிட்டக் கோடுகள் வரைந்து அதில் 1 மீட்டரையும் அளக்கலாம்.

(இ) தரையில் 75 செமீ = படத்தில் 1 செமீ
,, 300 செமீ = ,, 4 செமீ
,, 3 மீ = ,, 4 செமீ

20 செமீ நீளக்கோடு வரைந்து அதை பதினைந்து பிரிவுகளாகப் பிரித்து, அதில் ஒரு மீட்டரையும், முதல் பிரிவைப் பத்தாக்கி, அதில் டெசி மீட்டரையும், அதில் மூலை விட்டங்கள் வரைந்து அவற்றில் சென்டிமீட்டரையும் அளக்கலாம்.

தேர்வில் மேற்கண்ட குறிப்புகளைக் கொண்டு படங்கள் வரைய வேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டு 5

ஒரு மீட்டர் கோல், 100 பாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. மீட்டரின் ஆயிரத்தில் ஒரு கூறை அளக்க ஒரு வெர்னியர் தயார் செய்க.

வெர்னியரின் சிற்றெண்ணம் = $\frac{1}{n}$ × மூலக் கோல் பிரிவு.

(இங்கு n = வெர்னியரின் பிரிவுகளின் எண்ணிக்கை)

$$\frac{1}{1000} \text{ மீ} = \frac{1}{n} \times \frac{1}{100} \text{ மீ.}$$

$$\therefore n = \frac{1000}{100} = 10.$$

குறிப்பு: மூலக் கோலின் 9 பாகங்களை எடுத்துக் கொண்டு அதைப் பத்து பிரிவுகள் செய்து வெர்னியர் தயார் செய்க.

எடுத்துக்காட்டு 6

ஒரு மூலக் கோல் சென்டிமீட்டராகவும், மில்லி மீட்டராகவும் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. சென்டிமீட்டரில் நூற்றில் ஒரு கூறு அளக்க ஒரு வெர்னியர் தயார் செய்க.

சிற்றெண்ணம் $= \frac{1}{n} \times$ மூலக் கோல் பாகம்

$$\therefore \quad \frac{1}{100} = \frac{n}{1} \times \frac{1}{10} \text{ செமீ}$$

$$\therefore n = 10$$

குறிப்பு : மூலக் கோலின் ஒன்பது பிரிவான 9 மீமீ எடுத்து அதைப் பத்தாக்கி வெர்னியர் தயார் செய்க.

எடுத்துக்காட்டு 7

ஒரு கோணமானியில் ½ பாகை அளவுக்குப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. அதில் ஒரு நிமிடம் அளப்பதற்கு ஒரு வெர்னியர் தயார் செய்க.

மூலக் கோலின் சிறுபிரிவு = ½ பாகை = 30 நிமிடம்

சிற்றெண்ணம் $= \frac{1}{n} \times$ மூலக் கோலின் சிறு பிரிவு

$$1' = \frac{1}{n} \times 30'$$

$$\therefore n = \frac{30'}{1'} = 30$$

குறிப்பு : 29 அரைப்பாகை அளவுகளை எடுத்து முப்பதாகப் பிரித்து வெர்னியர் தயார் செய்க.

எடுத்துக்காட்டு 8

ஒரு கோணமானியில் ஒரு பாகையும் அதில் மூன்று பாகங்களுமாகப் பகிர்ந்துள்ளது. அதில் 20 நொடி அளக்க ஒரு வெர்னியர் தயார் செய்க.

கோணமானியின் சிறு பிரிவு $= \frac{1^\circ}{3} = 20'$

சிற்றெண்ணம் $= \frac{1}{n} \times$ மூலக் கோலின் சிறு பிரிவு.

$$20'' = \frac{1}{n} \times 20' \times 60$$

$$n = 60$$

குறிப்பு : மூலக் கோலின் 59 சிறு பிரிவுகளை எடுத்து அறுபதாகப் பகிர்ந்து வெர்னியர் தயார் செய்க.

எடுத்துக்காட்டு 9

ஒரு தியோடலைட்டில் பாகையும், அதில் மூன்று பிரிவும் உள்ளன. 30 நொடி அளக்க ஒரு வெர்னியர் தயார் செய்க.

$$\text{மூலக் கோலின் சிறு பிரிவு} = \frac{1^\circ}{3} = 20'$$

$$\text{சிற்றெண்ணம்} = \frac{1}{n} \times \text{மூலக் கோலின் சிறு பிரிவு.}$$

$$30'' = \frac{1}{n} \times 20' \times 60$$

$$n = 40$$

குறிப்பு : மூலக் கோலின் 59 பிரிவுகளை எடுத்துக்கொண்டு 40 ஆகப் பிரித்து, வெர்னியர் தயார் செய்க.

2. நீளம் அளத்தல்

அடிப்படை அளவுகளில் நீளம் முதன்மையானதாகும். நீளத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டே பரப்பு, பருமன் போன்ற பிற அளவுகள் அமைகின்றன. பல்வேறு காரணங்களுக்காகத் தோராயமாகவோ, துல்லியமாகவோ, விரைவாகவோ, மெதுவாகவோ, நீளத்தை அளக்க வேண்டிய தேவை ஏற்படலாம்.

இரண்டு புள்ளிகளுக்கு இடையில் உள்ள இடைவெளி தொலைவு (distance) எனப்படும். தூரம் என்றும் சொல்லலாம். தொலைவை நேரடியாகவும் அளக்கலாம். கணக்கிட்டும் அறியலாம். சங்கிலி, நாடா, கோல் (scale) போன்ற எளிய கருவிகளால் நேரடியாக அளக்கலாம். பல்வேறு நுண்ணிய கருவிகள் மூலம் கிடைக்கும் வேறு வகை அளவுகளிலிருந்து நீளத்தை கணக்கிட்டும் அறியலாம். Tacheometry, Telemetry போன்ற அளக்கை முறைகளால் கோணங்களை அளந்து அவற்றிலிருந்து தொலைவுகள் கணக்கிட்டு அறியப்படுகின்றன.

நீளத்தை நேரடியாக அளக்கப் பண்டைத் தமிழகத்தில் பயன்பட்ட கருவி கோல் ஆகும். அந்தக் கோல் மூங்கிலால் ஆனது. கணுவுக்குக் கணுவு உள்ள இடைவெளி ஒரு சாண்; மொத்தம் இருபத்தி நான்கு விரற்கடை நீளமுள்ளது. (ஒரு விரற்கடை $1\frac{3}{8}''$. ஒரு கோல் $33''$) மாதவி ஆடிய அரங்கத்தின் அளவுகளைத் தரும்போது, இளங்கோ அடிகள்

புண்ணிய நெடுவரைப் போகிய நெடுங்கழைக்
கண்ணிடை ஒருசாண் வளர்ந்தது கொண்டு
நூனெறி மரபின் அரங்கம் அளக்கும்
கோல் அளவு இருபத்து நால்விரல் ஆக

[சிலம்பு—அரங்கேற்று காதை 98—101]

என்று அறிமுகப்படுத்துகிறார். தற்கால அறிவுத் தமிழில் கோல் என்ற சொல்லை scale என்ற பொருளில் வழங்குகிறோம்.

நேரடி அளவு : நீளத்தை நேரடியாக அளக்க, கிடைக்கும் நேரத்தையும், தேவைப்படும் துல்லியத்தையும் பொருத்துப் பல்வேறு முறைகளும், கருவிகளும் பயன்படுகின்றன. அவை வருமாறு :

1. காலடி

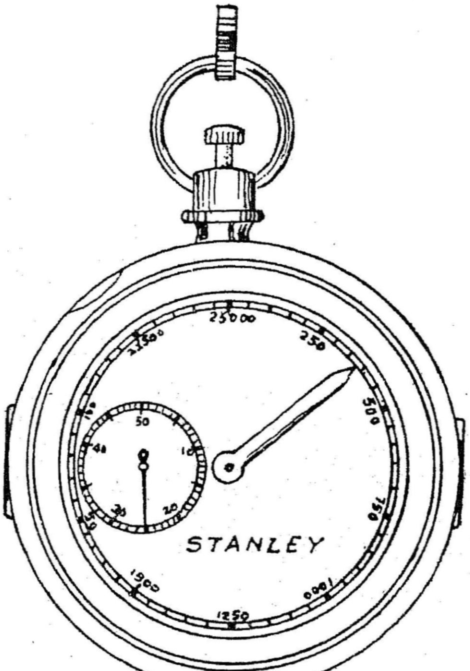
அளக்க வேண்டிய நீளத்தின் மீது இயல்பாக நடந்து, எடுத்து வைத்த காலடிகளை எண்ணி, அதன் மூலம் நீளத்தை அளக்கலாம். ஓர் ஆள் இயல்பாக நடக்கும்போது ஓர் அடி எடுத்து வைக்கும் இடைவெளியைத் தோராயமாக மதிப்பிட்டுக் கொண்டு காலடி எண்ணிக்கையால் பெருக்கி தூரத்தைக் காணலாம். காலடி இடைவெளி (1) ஆளின் வயது, உயரம், உடல் வலு. (2) தரையின் இயற்கை அமைப்பு (ஏற்றத்தில் குறைந்தும், இறக்கத்தில் நீண்டும் இருக்கும்). (3) நடை விரைவு, ஆகிய வற்றைப் பொருத்து மாறும். சாதாரணமாக காலடி இடைவெளி 80 செமீ என்று எடுத்துக் கொள்வது வழக்கம். பயிற்சியுள்ள அளக்கையாளர் அதிகப் பிழையின்றி சுமாராகச் சொல்ல முடியும். அளக்கையாளர் தனது இயல்பான நடை வேகத்தில் காலடி இடைவெளியை அளவு நாடாவால் பல தடவை, பல வேளைகளில், பல இடங்களில் அளந்து அறிந்து கொள்வது நல்லது. நீளங்களை தோராயமாகத் தெரிந்து கொள்ளவும், ஏற்கெனவே துல்லியமாக அளந்து குறிக்கப்பட்ட தூரத்தை எளிதாகச் சோதிக்கவும் காலடி முறை பயன்படுகிறது.

2. நடை அளவி (Passometer)

நடக்கும்போது, காலடிகளை எண்ணும் தொல்லையைக் குறைக்க நடை அளவியைப் பயன்படுத்தலாம். சட்டைப்பைக் கடிகாரத்தைப் போலத் தோற்றத்திலும், உருவத்திலும் உள்ள இக்கருவியைக் கழுத்தில் மாட்டிக் கொள்ளலாம்; அல்லது சட்டைப் பொத்தான் ஒன்றில் மாட்டிக் கொள்ளலாம். எப்படியோ கருவி செங்குத்தாகத் தொங்க வேண்டும். நடக்கும் போது ஏற்படும் உடல் அசைவினால் இதன் எந்திரம் இயக்கப் பட்டு, எடுத்து வைத்த காலடிகளின் எண்ணிக்கையைக் காட்டு கிறது.

3. காலடி அளவி (Pedometer)

Pes என்ற லத்தீன் சொல்லுக்கு பாதம், காலடி என்று பொருள். அதிலிருந்து இக்கருவி Pedometer என்ற பெயர் பெற்றது. இது நடை அளவியை எல்லா விதத்திலும் ஒத்திருக்கும். நேரடியாக தூரத்தைக் காட்டும் வகையில் அதன் முகப்பில் எண்ணிக்கைகளும், முள்ளும் அமைந்திருக்கும். அமுக்குப் பித்தான் ஒன்றை அழுத்தினுல் முள் சுழிக்குத் திரும்பிவிடும். அளவையாளரின் காலடி இடைவெளிக்காக இக்கருவியை அமைத்து விட்டால், அளக்க வேண்டிய நீளத்தை நேரடியாகக் கருவியின் முகப்பிலிருந்து படித்துக் கொள்ளலாம்.



நடை அளவி

படம் 20

4. எண்ணளவி (Odometer)

எண்ணளவியை வண்டி, சைக்கிள் போன்றவைகளின் சக்கரத்தோடு இணைத்து விட்டால், அவை எத்தனை சுற்றுகள் சுற்று

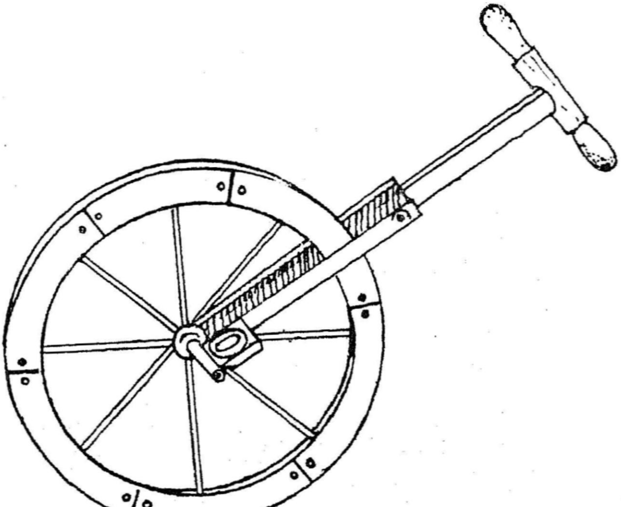
கின்றன என்ற எண்ணிக்கையை இது காட்டிவிடும். சக்கரத்தின் சுற்றளவால் இந்த எண்ணிக்கையைப் பெருக்கித் தொலைவை கண்டறியலாம்.

5. விரைவளவி (Speedometer)

உந்துகளில் உள்ள விரைவளவிகள் மூலமாக தொலைவைத் தோராயமாக அறியலாம். சாலை நல்லதாக இருந்தால், விரைவளவி காட்டும் தொலைவு காலடி முறையில் காணும் நீளத்தை விடத் துல்லியமாக இருக்கும்.

6. தள்ளுவண்டி (Perambulator)

சிறு குழந்தைகளை வைத்துத் தள்ளிச் செல்லும் வண்டிக்கு perambulator என்று பெயர் (படம் 21). இங்கு ஒற்றைச் சக்கரமும்,



தள்ளு வண்டி

படம் 21

கைப்பிடியும், சக்கரத்தோடு பொருந்திய அளவியும் (meter) கொண்ட தனிக் கருவியைக் குறிக்கிறது. அளக்க வேண்டிய தூரத்தின் மீது சக்கரத்தை ஓட்டினால், அளவியின் முகத்தில் தூரத்தை நேரே படிக்கலாம். கரடு முரடான பாதையில் காட்டும் தொலைவு தோராயமானதாக இருக்கும்; நல்ல பாதையில் துல்லியமாக அமைக்கலாம்.

7. நீளம் மதிப்பிடல்

கண்ணால் கண்டே நீளத்தை உத்தேசமாகக் கணிக்கலாம். பயிற்சி முதிர முதிர அளவு சரியாக அமையும். உளவு அளக்கை (reconnaisance) யில் இது பயன்படும்.

8. நேரத்தின் மூலம் அளத்தல்

நேர இடைவெளி கொண்டும் தொலைவை அளக்கலாம். நடை, குதிரை ஓட்டம், ஊர்திகளில் பயணம் ஆகியவைகளில் நேர இடைவெளி மூலம் தூரத்தைத் தோராயமாக மதிப்பிடலாம். மக்களின் நடை வேகம் சுமாராக மணிக்கு ஐந்து மீட்டராக எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

நீட்டல் (Chaining) அளக்கை

நீளத்தை அளப்பதற்குரிய பல்வேறு வழிகளில் சங்கிலி, நாடா போன்றவைகளால் நேரிடையாக அளப்பதே பொதுவான வழக்கம். சுமாராகத் தெரிந்தால் போதுமான இடங்களில் சங்கிலியும், துல்லியமாக தெரிய வேண்டிய இடங்களில் நாடாவும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. பெரும்பாலும் பொன்ம நாடாவாலும், முக்கியமான இடங்களில் இரும்பு நாடாவாலும் அளக்கப்படுகிறது.

Chaining என்ற சொல் ஆங்கிலத்தில் நீளம் அளத்தல் என்ற பொருளில் வழங்குகிறது.

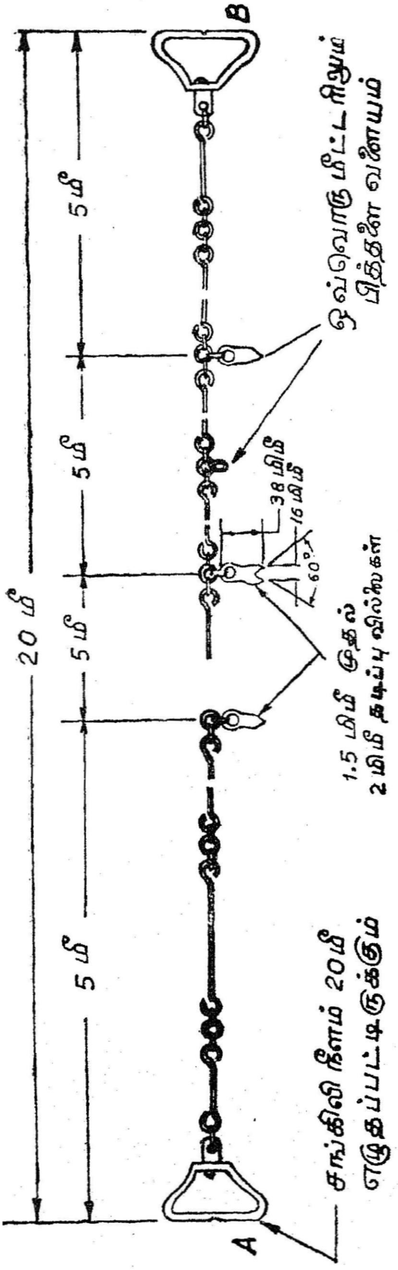
நீளத்தை அளப்பதற்கான கருவிகள்

சங்கிலி : தூரத்தை அளக்கும் கருவிகளில் தலையாயது சங்கிலி. சங்கிலியில் சுமார் 100 அல்லது 150 துண்டுக் கம்பிகள் இருக்கும். அவை 4 மிமீ விட்டமுள்ளவை; கால்வனைசு செய்யப்பட்டவை; ஒவ்வொன்றும் இடையில் மூன்று சிறு வளையங்களால் இணைக்கப் பட்டிருக்கும். இந்த வளையங்கள் சாதாரணமாக முனைக்கு முனை முட்டிக் கொண்டிருக்கும். சில சங்கிலிகளில் முனை வெல்டு செய்யப் பட்டிருக்கும். வளையங்கள் கொண்டு இணைத்திருப்பதால் நீட்டும் போதும், மடிக்கும் போதும் சிக்கல் விழாது. சங்கிலி முனைகளில் பித்தளைக் கைபிடிகள், எல்லாத் திசையிலும் சுழலும் வகையில் கோர்க்கப்பட்டிருக்கும். கைப்பிடிகளின் வெளிமுனை சங்கிலியின் தொடக்கம் ஆகும். ஒவ்வொரு துண்டுக் கம்பியின் நீளம், அவற்றை இணைக்கும் வளையங்களின் நடு வளையத்திலிருந்து அடுத்த முனை நடு வளையம் வரை உள்ள நீளம் ஆகும். இதை ஒரு துண்டு (link) எனலாம். முனைத் துண்டுகளின் நீளம் பித்தளைக் கைப்பிடியை.

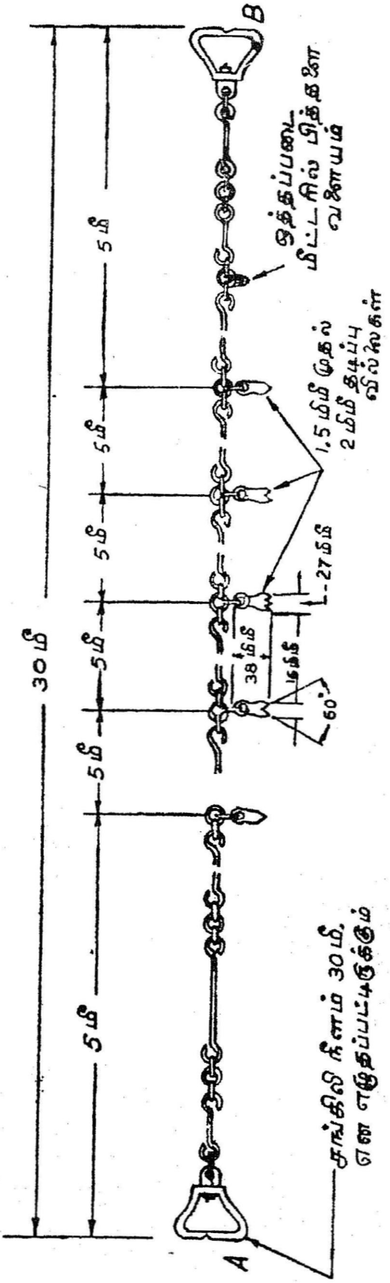
உள்ளடக்கியிருக்கும். குறிப்பிட்ட துண்டுகளின் இடைவெளியில் வெவ்வேறு நீளங்களைக் காட்டும் அடையாள வில்லைகள் கோர்க்கப்பட்டிருக்கும். அதனால் சங்கிலியின் பகுதி நீளங்களை எளிதில் படிக்கலாம்.

மெட்ரிக் அளக்கைச் சங்கிலி : IS *1492-1956* இல் மெட்ரிக் அளக்கைச் சங்கிலியின் அமைப்பு விவரம் கொடுக்கப் பட்டுள்ளது. 20 மீட்டர், 30 மீட்டர் ஆகிய இரு நீளங்களில் செய்யப்படு கின்றன. எளிதில் அளவுகளை அறிந்துகொள்ள வசதியாக ஒவ் வொரு மீட்டர் தூரத்திலும் ஒரு பித்தளை வளையமும், ஒவ்வொரு ஐந்து மீட்டர் தூரத்தில் வளையத்திற்குப் பதிலாக அடையாள வில்லைகளும் இருக்கும். மெட்ரிக் சங்கிலி என்று அடையாளம் தெரி வதற்காக இவ்வில்லைகளில் मी m என்று இந்தியிலும், ஆங்கிலத்தி லும் எழுதியிருக்கும். மீ என்று தமிழிலும் இருக்கலாம். துண்டுகள் நடுவில் வட்டமான வளையத்தாலும், அதன் இரு பக்கங்களிலும் முட்டை வடிவ வளையங்களாலும் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். நடுவில் உள்ள வட்ட வளையங்கள் இரண்டின் இடைவெளி ஒரு துண்டு (லிங்கு) 200 மிமீ ஆகும். முனைத்துண்டுடன் கைப்பிடி பொருத்தப்பட்டிருக்கும். கைப்பிடி அதன் ஆணியில் எல்லாத் திசையிலும் சுழலுமாறு இருக்கும். கைப்பிடியின் வெளியில் அம்புக்கம்பியின் அரை வட்ட உருவில் பள்ளம் இருக்கும். இதுவே சங்கிலியின் தொடக்கம். சங்கிலியின் நடுமையத்தில் எல்லாத் திசையிலும் சுழலும் ஆணி இணைப்பு இருக்கலாம், சங்கிலியின் கைப்பிடியில் 20 மீட்டர், அல்லது 30 மீட்டர் என்பது எழுதி யிருக்கும். இதனால் பிற சங்கிலிகளிலிருந்து மெட்ரிக் சங்கிலியை எளிதில் அடையாளம் காணலாம் (படங்கள் 22, 23, 24).

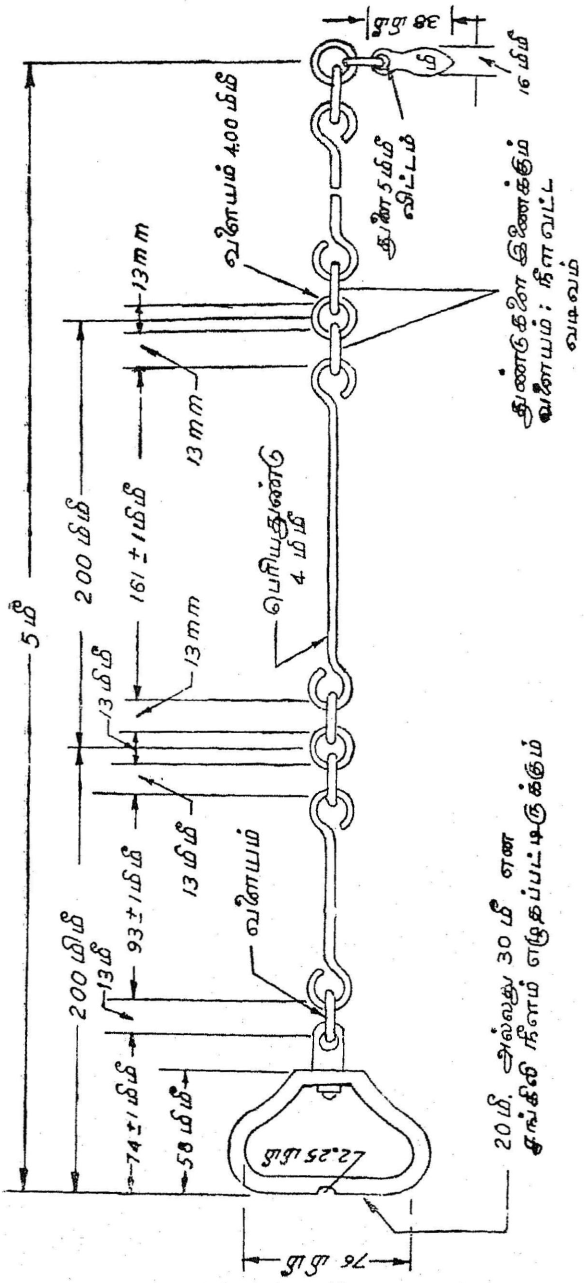
இரும்புப்பட்டை (Steel band): இதைப் பட்டைச் சங்கிலி என் றும் சொல்வர். இது சுழலும் கைப்பிடிகள் கொண்ட 16மிமீ அகலமுள்ள இரும்பு நாடா. 20மீட்டர், 30மீட்டர் நீளங்களில் இருக்கும். இரு திறந்த வட்டச்சட்டங்களின் நடுவிலோ (படம் 25) அல்லது, வட்டத் தகடு இரண்டின் நடுவிலோ (படம் 26) சுருட்டி வைக்கும் வகையில் அமைந்திருக்கும். அளவுகள் இரண்டு திசை யிலும் வருவப்பட்டிருக்கும். ஒவ்வொரு 0.2 மீட்டரிலும் (சங்கிலி யின் ஒரு துண்டு (லிங்கு) க்குச் சமம்) பித்தளைக் குமிழ் பதித்த அடையாளமும், ஒவ்வொரு மீட்டரில் பள்ளமாக வருவிய எண் களும், இருக்கும். முதல், முடிவு மீட்டர்களில் செமீ, மிமீ பிரிவு களும் இருக்கும். ஒரு பக்கம் மீட்டர், டெசி மீட்டர், சென்டி மீட்டர் அடையாளங்களும் மறு பக்கம் 0.2 மீ அடையாளங்களும் இருக்கும். ஒவ்வொரு ஐந்து மீட்டரிலும் பித்தளை அடையாளக் குறிகள் பெரிதாக இருக்கும்.



படம் 22. 20 மீட்டர் சங்கிலி

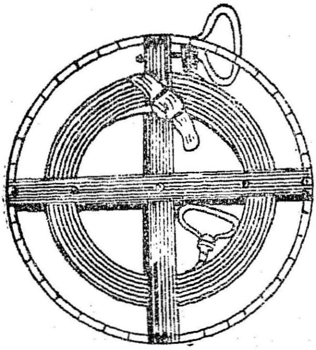


படம் 23. 30 மீட்டர் சங்கிலி



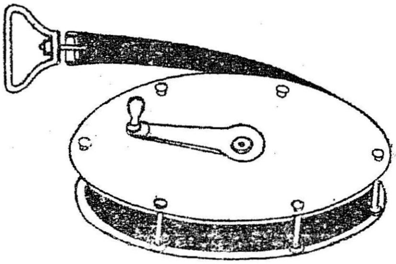
படம் 14. மீட்டர் சங்கிலியின் தோற்றம்

இரும்புப் பட்டை நில அளவுகளில் எளிதாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. சங்கிலியை விட, துல்லியமான அளவு கிடைக்கும்; கையாளுவதும் எளிது; கனமுமில்லை; நீளம் மாறுவதில்லை. ஆனால் கவனக் குறைவாக இருந்தால் எளிதில் உடைந்துவிடும்; உடனே



இருப்புப்பட்டை

படம் 25



இருப்புப்பட்டை

படம் 26

பழுது பார்க்க இயலாது. பட்டறைகளில் தான் வெல்டு செய்தோ, ரிவெட் அடித்தோ பழுது பார்க்க இயலும். அடிக்கடி எண்ணெயிட்டுச் சுத்தம்செய்து துருப்பிடிக்காமல் வைத்திருக்க வேண்டும். இதில் நீளத்தை எளிதில் படிக்க முடிவதில்லை; கூர்ந்து நோக்கிப் படிக்க வேண்டும்.

சங்கிலியின் குறை நிறைகள் : சங்கிலி கனமாக இருந்த போதிலும் அளவுகள் படிப்பது சுலபம். அளக்கும் இடத்திலேயே பழுது பார்க்கலாம். இதில் 600க்கும் அதிகமான இணைப்புகள் இருப்பதால், தேய்மானத்தால் நீளம் கூடிவிடும்; அல்லது சேறுள்ள இடத்தில் அளக்கும்போது மண் ஒட்டிக் கொள்வதால் நீளம் குறையும். கனமாக இருப்பதால், தூக்கிப் பிடித்து அளக்கும் பொழுது அதிகத் தொங்கல் இருக்கும்.

(i) சங்கிலி கரடு முரடான இடத்தில் அளக்க எளிது;

(ii) அளக்குமிடத்திலேயே எளிதாகப்பழுதுபார்க்க இயலும்;

(iii) எளிதில் படிக்க இயலும்.

அடி அளவுகள் இருந்த போதும் பின் கண்ட சங்கிலிகள் புழக்கத்தில் இருந்தன. மெட்ரிக் அளவுகளுக்கு இன்னும் முழுமையாக மாறாததால் அவை இன்னும் பயன்படுகின்றன.

குண்டர் சங்கிலி (Gunters Chain): 'குண்டர்' என்பவரின் பெயரால் வழங்குகிறது. இது 66 அடி நீளம் உள்ளது. ஒவ்வொன்றும் 0·66 அடி நீளமுள்ள நூறு துண்டுகளாகப் பிரிக்கப் பட்டிருக்கும். நீளத்தை மைல், பர்லாங் கணக்கில் அளக்க மிகவும் நல்லது. பரப்பளவு ஏக்கரில் தேவைப்படும் இடங்களில், இதில் அளந்தால், கணக்கிட்டுப் பார்க்க மிகவும் வசதியானது. வருவாய்த் துறையினரால் அதிகம் பயன்படுத்தப்பட்டது.

வருவாய்ச் சங்கிலி (Revenue Chain): இது தீர்வை நில அளக்கை (Cadastral Survey) யில் பயன்படும் வகையில் 16 துண்டாக பிரிக்கப்பட்ட 33 அடி நீளமுள்ள சங்கிலி ஆகும்.

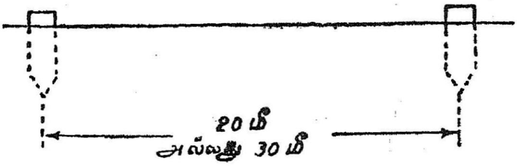
பொறிஞர் சங்கிலி (Engineer's Chain): இது ஓரடித் துண்டுகள் நூறு கொண்ட நூறு அடி நீளச் சங்கிலி ஆகும். பொறியியற் அளக்கைகளில் பெரிதும் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

சங்கிலியைச் சோதித்தல்: சங்கிலியை 8 கிலோ கிராம் இழுப்பில் அளக்கும்போது 20°C வெப்பத்தில் நிலைவு செய்யப்பட்டு, சான்று வழங்கப்பட்ட இரும்புப் பட்டையோடு ஒப்பிட்டால், ஒவ்வொரு மீட்டருக்கும் உள்ள வேறுபாடு 2 மிமீக்குள் இருக்க வேண்டும். மொத்த நீட்சி 20 மீட்டருக்கு $\pm$ 5 மிமீ க்குள்ளும் 30 மீட்டருக்கு $\pm$ 8 மிமீ க்குள்ளும் இருக்க வேண்டும்.

சங்கிலியைப் பயன்படுத்தத் தொடங்குமுன் ஒவ்வொரு நாளும் அதன் நீளத்தை சோதித்துக் கொள்வது நல்லது. சோதிக்கத் தொடங்கு முன், சங்கிலியில் சிக்கல் ஏதாவது இருந்தால் பிரித்துவிடல் வேண்டும். மண் ஒட்டிக் கொண்டிருந்தால் துடைக்க வேண்டும். துண்டுக் கம்பிகள் வளைந்திருந்தால் நிமிர்த்த வேண்டும். வளையங்கள் நீண்டிருந்தால் சரியாக்க வேண்டும்.

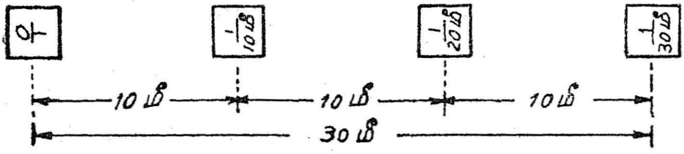
சங்கிலியைச் சோதிக்க இரும்புப் பட்டை அல்லது இரும்பு நாடா இருந்தால் பயன்படுத்தலாம் அல்லது அதற்கென வரையப் பட்ட சங்கலி நிலைவோடு ஒப்பிட்டு அளக்கலாம். சங்கலி நிலைவு என்பது சங்கிலிகளைச் சோதிப்பதற்கென்றே, ஒரு பொது இடத்தில் வரையப் பட்ட அளவாகும். கவர் முகடுகள், தாழ்வாரத் தளங்கள், இரும்புப் பாதை மேடைகள், அல்லது வேறு வசதியான இடங்களில் இதை அமைக்கலாம். இவை இல்லாவிட்டால்,

தரையில் ஒரு ''சோதனைக் கோடு'' வரைந்து கொள்ளலாம் நிலத்தில் இரண்டு முளை அடித்து, முளைமேல் உள்ள ஆணியின் இடைவெளி 20 மீ அல்லது 30 மீ இருக்குமாறு அமைத்துக் கொள்ள வேண்டும்.



படம் 27

அடிக்கடி இது போலத் தற்காலிக சோதனை கோடுகள் அமைப்பதற்குப் பதிலாக அளவையாளரின் அலுவலகத்திற்கு அருகில் நிலையாக ஒரு சோதனைக்கோடு வரைந்து கொள்ளலாம்



படம் 28

(படம் 28). இதில் மரமுளைகளுக்குப் பதிலாக 20 செமீ சதுரக் கற்களைச் செதுக்கிப் பதிய வைத்துக் கொள்ளலாம்.

சங்கிலிச் சரியாக்கம் : சங்கிலியின் நீளம் அதிகமாயிருந்தால் கீழ்க்கண்டபடி சரி செய்யலாம்.

(1) வளையங்களில், திறந்து (நீண்டிருப்பதைக் கண்டு பிடித்து) குறுக்கி இணைக்கலாம்.

(2) வட்டமாக இல்லாமல் நீண்டிருக்கும் வளையங்களைத் தட்டி வட்டமாக்கலாம்.

(3) வளையங்கள் தேய்ந்து இருந்தால், அவற்றை எடுத்து விட்டு புதிய வளையங்களைக் கோக்கலாம்.

(4) சங்கிலி மிக அதிகமாக நீண்டிருந்தால், ஓரிரு சிறு வளையங்களைக் கழட்டி நீளத்தைக் குறைக்கலாம்.

(5) கைப்பிடியை ஒட்டியுள்ள திருகைக் குறைத்தோ கூட்டியோ சரி செய்யலாம்.

நீளம் குறைந்திருந்தால்

(1) வளைந்துள்ள கம்பித்துண்டுகளை நேராக்கலாம்.

(2) சில வளையங்களைத் தட்டையாக்கி நீள் வளையமாக்கலாம்.

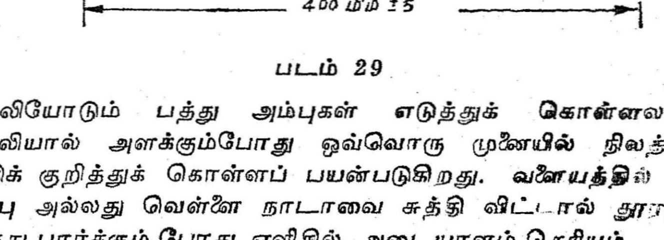
(3) ஒரு சில வளையங்களைக் கழட்டி விட்டுப் பெரிய வளையங்களை கோர்க்கலாம்.

(4) புதிய வளையங்கள் சில கோக்கலாம்.

(5) கைப்பிடிக் கருகிலுள்ள திருகைப் பயன்படுத்தி நீட்டலாம்.

நீளத்தைச் சரியாக்கும் போது, மையம் மாறுமல் இரு பக்கமும் சீர்திருத்தம் செய்ய வேண்டும்.

அம்புக்கம்பிகள் : ஒரு முனை கூராகவும், மறுமுனை வட்டமாக மடிக்கப்பட்டும் 4 மிமீ விட்டமும், சுமார் 30 செமீ நீளமும் உள்ள கம்பி அம்பு எனப்படும் (படம் 29). இதைக் குறியீட்டு ஆணி என்றும், சங்கிலி ஆணி என்றும் சொல்வதுண்டு. ஒவ்வொரு



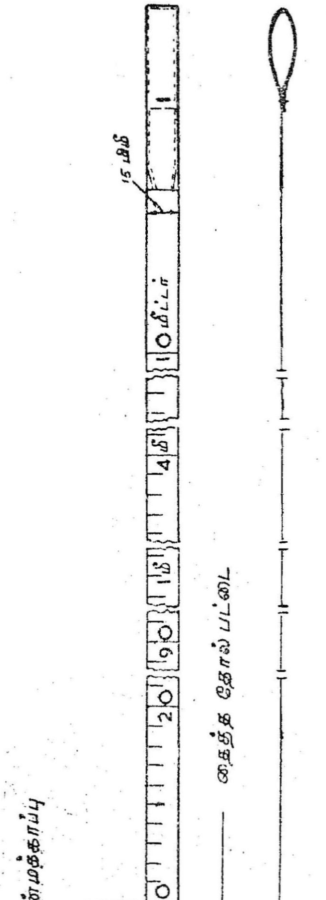
படம் 29

சங்கிலியோடும் பத்து அம்புகள் எடுத்துக் கொள்ளலாம். சங்கிலியால் அளக்கும்போது ஒவ்வொரு முனையில் நிலத்தில் குத்திக் குறித்துக் கொள்ளப் பயன்படுகிறது. வளையத்தில் ஒரு சிவப்பு அல்லது வெள்ளை நாடாவை சுத்தி விட்டால் தூரத்திலிருந்து பார்க்கும் போது எளிதில் அடையாளம் தெரியும்.

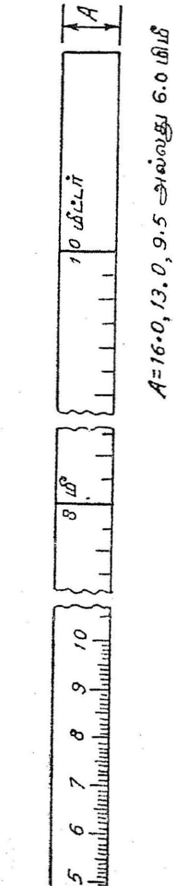
நாடாக்கள் : நாடாக்களை அவற்றின் பொருளைக் கொண்டு (1) துணி, (2) பொன்மை இழை, (3) இரும்பு, (4) இன்வர் என நான்கு வகையாக அழைக்கலாம்.

...EMARA PUBLIC LIB...

(1) துணி நாடா : துணியால் ஆன நாடா கனமில்லாதது. கையாளுவதற்கும் எளிது. ஆனால் நீரில் நனைந்தால் சுருங்கிவிடும்,



படம் 30



படம் 31

இழுத்தால் நீளும். அழுக்கானாலும், ஈரமானாலும், துடைத்துக் காய வைத்தபின் சுருட்டி வைக்க வேண்டும். சிறிய தூரங்களை அளக்கப் பயன்படுகிறது.

(2) பொன்ம இழை நாடா (படம் 30): இதுவும் துணியாலான நாடாதான்; ஆனால் துணிக்கு நடுவில் மெல்லிய பொன்ம நெட்டுக் கம்பிகள் இட்டு செய்யப்பட்டிருக்கும், 2, 5, 10, 20, 30, 50 மீட்டர் நீளங்களில் கிடைக்கும். 10, 20, 30, 50 மீட்டர் நீள நாடாக்களில் தொடக்க முனையில் ஒரு பித்தளை வளையம் இருக்கும். இது நாடாத் துணியாலேயே பிணைக்கப் பட்டிருக்கும். நாடாத் தொடக்கத்தில் எடை, அளவு ஆய் வாளர் முத்திரை பதிக்க இடம் இருக்கும். சில வகை நாடாக் களில் தோல், அல்லது பிளாஸ்டிக் பட்டையால் 10 செமீ நீளத்திற்கு குறையாமல் ஒட்டி, உறுதி செய்யப்பட்டிருக்கும்.

நாடாவின் நீளம் பித்தளை வளையத்தையும் சேர்த்தே இருக் கும். ஒவ்வொரு சென்டி மீட்டரிலும் 8-10 மிமீ நீளக் கருப்புக் கோடும் ஒவ்வொரு 5 சென்டி மீட்டரிலும் ஓர் அம்புக் குறியும் இருக்கும். ஒவ்வொரு டெசி மீட்டரிலும், மீட்டரிலும் நாடாவின் முழு அகலத்திற்கும் (16 மிமீ) கோடு இருக்கும். டெசி மீட்டர் கருப்பிலும், மீட்டர் சிவப்பிலும் எண்களால் எழுதப்பட்டிருக்கும். 1 முதல் 9 மீட்டர் வரை எண்ணோடு, m, मी மீ என்ற எழுத் துக்களும் நாடாவின் இறுதியில் மீட்டர், meter, मीटर என்ற சொற்களும் இருக்கும். அளவுகள் நாடாவின் ஒரு பக்கத்தில் மட்டும் இருக்கும், 10, 20, 30, 50, மீட்டர் நாடாக்கள் தோல் உறை, துருப்பிடிக்காத இரும்புறை போன்றவற்றில் சுற்றிக் கொள்ள ஒரு பிடியோடு அமைந்திருக்கும்.

(3) இரும்பு நாடா (படம் 31): இதில் நாடா எஃகிலோ, துருப் பிடிக்காத எஃகிலோ செய்யப்பட்டிருக்கும். ஒரு பக்கம் அளவுகளும் எண்களும் குறிக்கப்பட்டிருக்கும். தொடக்கத்தில் வளையம் இருக் கும். பொன்ம உறை இருக்கும். சுற்றிக் கொள்ளப் பிடி இருக்கும். சில வகை நாடாக்களில்தானே சுற்றிக் கொள்ளும் பித்தான் ஏற்பாடு இருக்கும். 1, 2, 10, 30, 50 மீட்டர் நீளங்களில் தயா ரிக்கப் படுகின்றது.

(4) இன்வர் நாடா: இரும்பும் நிக்கலும் (36%) கொண்ட கலப்புப் பொன்மம் இன்வர் ஆகும். இதன் வெப்ப விரிவுக் கெழு (0·000000122 for 1°C) மிகவும் குறைவு. அதனால் முக்கோண அளக்கையில் அடிப்படைக் கோட்டை (base line) அளக்கவும், நகர்ப்புற அளவுகளுக்கும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. 6 மிமீ அகலத்தில் 30, 50, 100 மீ நீளங்களில் கிடைக்கும். நாடாவின் நடுவில் அளவுக் கோடுகள் இருக்காது; முனைக்கோடு களும், அதனருகில் 10 ஒரு மிமீ கோடுகளும் மட்டும் இருக்கும்.

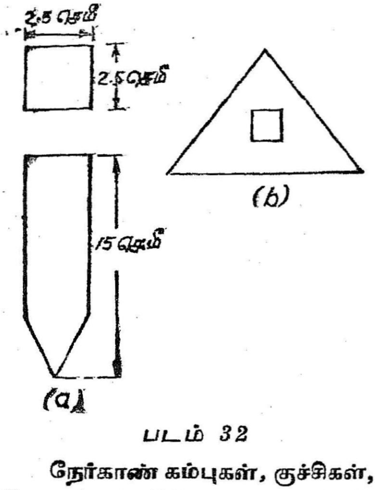
மிகை விலை உள்ளானதால் கவனமாகப் பயன்படுத்தவேண்டும். மடிப்பும், சிக்கும் விழாமல் காக்க வேண்டும். சாதாரண அளவு களுக்குப் பயன்படுத்துவதில்லை.

பொதுவாக அளவு நாடாக்கள் பலவகைகள் உற்பத்தி யாகின்றன. தேவைக் கேற்ப பொறுக்கி எடுத்துவாங்கும் அளவில் பல்வேறு வகைகளில் கிடைக்கின்றன.

நிலையங்களை காட்டும் கருவிகள்

தரையில் புள்ளிகளையும், நிலைகளையும் காட்டுவதற்கு பயன் படும் கருவிகள் பல. முளைகள், நேர்காண் கம்புகள், நேர் காண் குச்சிகள், பக்கப் பார்வைக் கம்பங்கள், மட்டக்கோல், மூங்கில் பிளாச்சு முதலியன அவை.

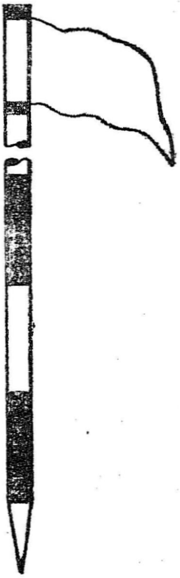
முளைகள் : 2.5 செமீ பக்கமுள்ள கட்டமும், 15 செமீ நீளமும் கொண்டு ஒரு பக்கம் கூர் முனையுடன் இருக்கும். கெட்டி மர முளைகள் தரையில் அடித்து, நிலையங்களைக் காட்டப் பயன்படுகின்றன. ஈரத்தரையி லும். மெதுவான நிலத்திலும் அடிக்க 40 முதல் 60 செமீ நீள மும் 4 முதல் 5 செமீ குறுக்கள வுள்ள முளைகள் பயன்படுத்த லாம். முளைகளைத் தரைக்கு மேல் 4 செமீ தெரியுமாறு அடிக்கலாம். 10 செமீ இரும் புத் துண்டுகளையோ, நீள ஆணி களையோ கூடப் பயன்படுத்தி நிலத்தில் நிலையங்களைக் குறிக்க லாம்.



படம் 32

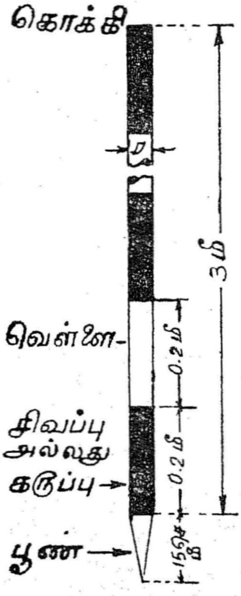
நேர்காண் கம்புகள், குச்சிகள், கழிகள், கோல்கள்: இவை தேக்கு, நீலப் பைன், சிசோ, டோடர் போன்ற கெட்டி மரங்களால் ஆன நீளக் கோல்களாகும். குறுக்கு விட்டம் சுமார் 30 செமீ கொண்ட வட்டமாகவோ எண்கோணமாகவோ இருக்கும். 2 மீட்டர் அல்லது 3 மீட்டர் நீளத்திலும் (ranging rods) 4 மீட்டர் அல்லது 5 மீட்டர் நீளத்திலும் (ranging poles) இருக்கும். கூர் முனையில் 15 செமீ கூம்பு வடிவ இரும்புப் பூண் போட்டி ருக்கும். 0·2மீ நீளங்களாகப் பிரித்து, வெள்ளை, கருப்பு வண்ணங் களோ, சிவப்பு, வெள்ளை வண்ணங்களோ அல்லது சிவப்பு, கருப்பு, வெள்ளை வண்ணங்களோ மாறி, மாறி அடிக்கப்பட் டிருக்கும். ஒரு வரிசைப் புள்ளிகளை நேர்க்கோட்டில் அமைக்க

இவை பயன்படுகின்றன. ஒரு முனையிலிருந்து காணும் போது இடைக்கோல்களெல்லாம் ஒரே வரிசையில் இருக்கவேண்டும். செய்மையில் உள்ள கோல்கள் நன்ருகத் தெரிவதற்காக வெள்ளை அல்லது மஞ்சள் கொடிகளை (சுமார் 25 செமீ கட்டம்) அவற்றின் உச்சியில் கட்டுவது வழக்கம்.



படம் 33

பக்கப்பார்வைக் கம்பு : இது நேர் காண் கம்புகளைப்போலவே இருக்கும். கூடுதலாக, கண்பார்வை மட்டத்தில் ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான இரண்டு நீள் துளைகள் இருக்கும். ஒரு துளையில் நேர் வரிசைக் கம்புகளைப் பார்த்து, இக் கம்பை நட்டு, அதன் குறுக்குத் துளை வழியாகப் பார்த்தால் நேர்க்கோட்டிற்குச் செங்குத்துக் கோடுகள் கிடைக்கும். இதன் மூலம் பக்கக் கோட்டை அளந்து கொள்ள வசதி ஏற்படும். இதன் தலைப்பில் திறந்த வளையம் ஒன்று பொருந்தியிருக்கும். வேலி முள் போன்ற தடைகளை விலக்க இக் கொக்கி பயன்படும்.

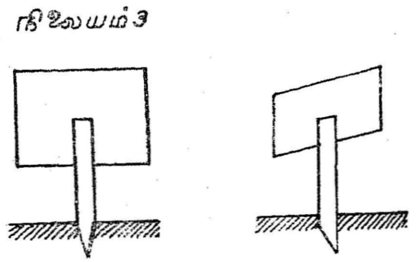


படம் 34

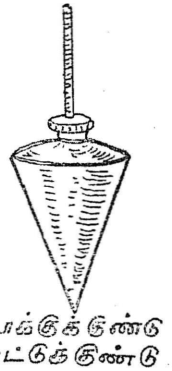
மட்டக்கோல் : கொத்தனார் பூச்சு வேலைக்குப்பயன்படுத்தும் தட்டை மட்டக் கோலையும் சில சமயம் நேர்க்கோடு காணப் பெரிதும் பயன்படுத்துகிருர்கள்.

மூங்கில் பிளாச்சு: நேர் காண் கம்புகள் போதாத சமயத்தில், மூங்கில் பிளாச்சு, வேலி மரக்கிளைகள் போன்ற, கிடைக்கும் குச்சியைப் பயன்படுத்தலாம். 40 செமீ முதல் 1 மீ வரை வசதியான நீளத்திற்கு வெட்டிக் கொண்டு ஒரு பக்கம் கூராகச் செதுக்கிக் கொள்ளலாம். மறுமுனையைப் பிளந்து ஒரு வெள்ளைத்தாள் அல்லது அட்டையைச் சொருகிக் கொள்ளலாம். இவற்றை whites என ஆங்கிலத்தில் அழைக்கின்றனர். ஆங்காங்கு நிலப்புள்ளிகளைக் குறிக்கவும் ஒருயரக் கோட்டுப் புள்ளிகளைக் காட்டவும், மட்டப்படுத்த வேண்டிய மேடுகளைக் காட்டவும் இவைகளைத் தாராளமாக பயன்படுத்தலாம் (படம் 35).

தூக்குக் குண்டு: வட்டுக் குண்டு என்றும் சொல்லப்படும். சற்று உயரத்தில் உள்ள புள்ளியைத் தரையில் மாற்ற தூக்குக் குண்டு பயன்படுகிறது. நேர்காண் கம்புகளின் செங்குத்தைச்



படம் 35



படம் 36

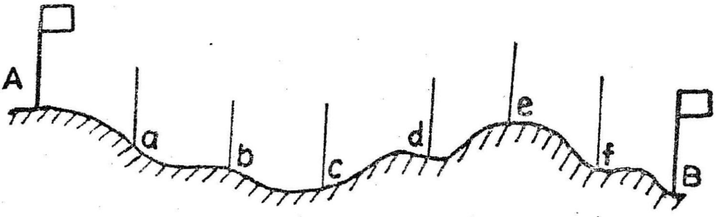
சோதித்தல், தியோடலைட் போன்ற கருவிகளை, நிலப்புள்ளிக்கு நேர் மேலே நிறுத்தல் போன்ற பல வேலைகளுக்குப் பயன்படுகிறது.

அளக்கை கோடுகளை நேராக அமைத்தல்

இரண்டு புள்ளிகளின் இடைவெளியை அளக்க வேண்டுமென வைத்துக் கொள்வோம். அந்த தூரத்தை அளக்கைக் கோடு (survey line) என்றும் சங்கிலிக் கோடு (chain line) என்றும் சொல்கிறோம். அவ்விரு புள்ளிகளும் அருகருகில் பார்வையில் படும்படி இருந்தால் இடைக்கோடு அமைத்தல் எளிது. இரண்டும் சேய்மையில் இருந்து, பார்வையிலும் படாமல் இருந்தால், அவற்றின் இடையே பல இடை நிலையங்களை நேர்காண் கம்பு முதலிய சாதனங்கள் கொண்டு அமைத்துக் கொள்கிறோம். அவற்றை ஒட்டி, சங்கிலியை நீட்டி அளந்து முடிக்கிறோம். இவ்வாறு இரண்டு புள்ளிகளுக்கிடையில் பல இடை நிலையங்கள் கொண்ட நேரமைவு நேர்க்கோடு அமைத்தலை (ranging) எனலாம். நேரமைவு கண்களால் கண்டும், கருவிகள் மூலம் பார்த்தும் செய்யலாம். நேரமைவு செய்ய உள்ள கருவியை நேர்நோக்கி (line ranger) எனலாம். முக்கியமான கோடுகளை தியோடலைட் மூலமாக நேரமைவு செய்ய வேண்டும்.

நேரமைவு இருவகைப்படும்: (1) நேர் நேரமைவு. (2) பிற நேரமைவு. இரண்டு புள்ளிகளையும், இடையில் சில நேர்காண் கம்புகள் துணை கொண்டு நேர்க்கோட்டில் இணைத்தலை நேர்

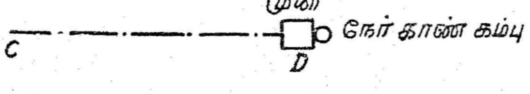
நேரமைவு என்கிறோம். நேர் பார்வையில் இல்லாத போது எதிரெதிர் நோக்குதலாலும் (reciprocal ranging) வேறு சில துணைக் கோடுகளின் உதவியோடு அளத்தலையும் பிறநேரமைவு எனலாம்.



படம் 37

நேர் நேரமைவு (Direct Ranging)

கண்ணால் நேரமைத்தல்: இரண்டு புள்ளிகளின் பின்னரும், ஒவ்வொரு கம்பை தரையில் ஊன்றி நட வேண்டும். தரை கெட்டியாக இருந்தால் கம்பைச் சுற்றிலும் கற்குவியல் அடுக்கி, அதை நேராக நிறுத்த வேண்டும். இடைத்தூரம் ஒரு சங்கிலியின் நீளத்திற்குமேல் இருந்தால், இடையில் சில கம்புகளை நட்டு நேரமைவு செய்ய வேண்டும். அளக்கையாளர் ஒரு புள்ளியை அடுத்துள்ள கம்பிலிருந்து சுமார் 2 மீ தூரத்திற்கு அப்பால் நின்று கொண்டு, தன் உதவியாளரை இடை நிலையம் ஒன்றிற்காக ஒரு கம்பைத் தன் நீட்டிய கரங்களால் பிடித்துக் கொள்ளச் செய்து, தான் மூன்று கம்புகளையும் கண்ணால் ஒரே கோட்டில் உள்ளதா எனக் காண வேண்டும். ஒரே கோட்டில் இல்லாதபோது சைகை செய்து இடைக் கம்பை நேர்க்கோட்டில்

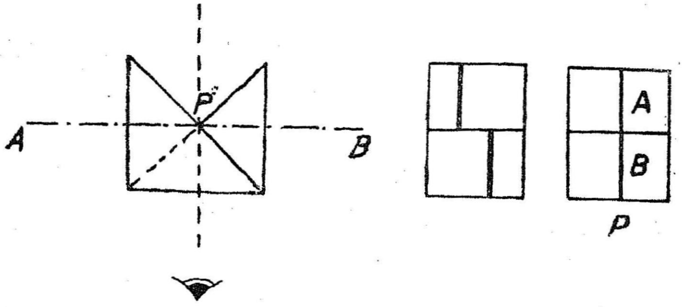


படம் 38

தள்ளி நிறுத்த உதவியாளருக்கு உத்தரவிட வேண்டும். இடைக் கம்பும் நேர்க்கோட்டில் வந்ததும், அதே இடத்தில் அதை ஊன்ற வேண்டும். இதே போல தேவையானால் இன்னும் பல இடைக் கம்புகளை நட்டுக் கொள்ளலாம். பின்னர் அளக்கையாளர் குனிந்து தரைக்குச் சற்று மேலே கண் வைத்து, எல்லாக் கம்புகளும் நேர்க்கோட்டில் உள்ளனவா எனக் காணவேண்டும். இதனால் கம்புகள் செங்குத்தாக இல்லாமல், சாய்ந்திருப்பதால் ஏற்படும் பிழைகள் திருந்த வாய்ப்புக் கிடைக்கும்.

அளக்கையாளர் தன் உதவியாளருக்குக் காட்டும் சைகைகளின் பொருளை முதலிலேயே அவருக்குச் சொல்லிக் கொடுத்த பின் வேலை தொடங்கலாம். பேச்சுக் குரல் எட்டாத தூரத்தில் சைகையே பயன்படும். தொலைவு மிகவும் அதிகமானால், வெறும் கையை ஆட்டுவதற்கு பதில் கைக்குட்டை போன்ற துணிகளை ஆட்டிக் காட்டலாம்.

நேர்க்கோடு நோக்கி (Line Ranger)யால் நேரமைத்தல்: நேர்க்கோடு நோக்கி இரண்டு புள்ளிகளுக்கிடையில் இடை நிலையம் அமைக்கப் பயன்படுகிறது. இதில் இரண்டு இரு சம பக்க செங்கோண முப்பட்டைக் கண்ணாடிகள் (படம் 39 (a)யில் காட்டிய படி) ஒன்றின்மீது மற்றொன்றாக, ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக அமைந்திருக்கும். (A, B என்ற இரு நிலையங்களுக்கு நடுவில்)

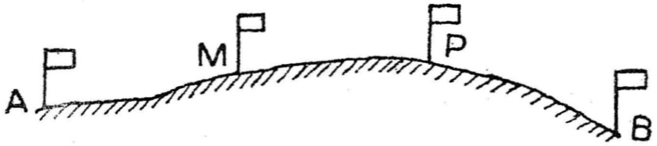


படம் 39a 39 b 39 c

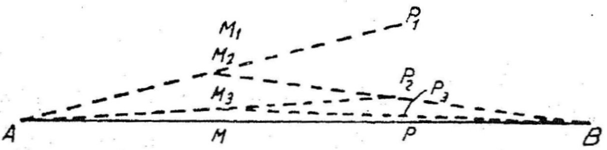
(இடை நிலையம் அமைக்க வேண்டிய P இடத்தில்) கண் மட்டத்தில் இக்கருவியை வைத்து நோக்கினால், A, B இரண்டும், இரண்டு கண்ணாடிகளின் மூலை விட்டத்தில் பிரதி பலித்துக் கண்களில் தெரியும். எனவே A யின் உருவமும் B யின் உருவமும் இரண்டு கண்ணாடிகளிலும் ஒரே சமயத்தில் தோன்றும். அவை ஒரே நேர் இல்லாமல் பிரிந்து இருந்தால் (படம் 39(b) இடை நிலையம் சரியானதல்ல என்று தெரிந்து கொள்ள வேண்டும். நேர்க்கோடு நோக்கியை முன்னும் பின்னும் நகர்த்துவதன் மூலம் இரண்டின் உருவங்களும் ஒரே கோட்டில் அமையுமாறு செய்யலாம் (படம் 39(c). இப்போது P என்ற இடை நிலையம் கருவியின் நேர்க் கீழே உள்ள புள்ளியாகும். இக்கருவியால் நீளக்கோடுகளை அளக்கும்போது, அவற்றின் சேய்மை முனைகளுக்குச் செல்லாமல் நடுவிலேயே இருந்து கொண்டு இடைநிலையங்கள் அமைக்க இயலும்.

இக்கருவியில், ஒரு கண்ணுடி அசையக் கூடியது; அதற்கென தனித்திருகு உண்டு. முதலில் கருவி சரியான நிலையில் உள்ளதா என சோதித்துக் கொள்ளுதல் நல்லது. ஒரு நேர்க்கோட்டில் மூன்று கம்புகளை நட்டு, நடுக்கம்பு இருந்த இடத்தில் கருவியை வைத்து நோக்கினுல் முனைக் கம்புகளின் உருவம் ஒரே கோட்டில் தெரிய வேண்டும். அவ்வாறு இல்லையென்றுல் கருவியில் பிழையுண்டு. இரண்டு உருவங்களும் ஒரே கோட்டில் இருக்குமாறு அசையும் கண்ணுடியை அதன் திருகால் நகர்த்தி சரிசெய்து கொள்ளலாம்.

பிற நேரமைவு (Indirect Ranging): அளக்க வேண்டிய தூரத்தின் இரு முனைகள் ஒன்றையொன்று பார்க்க இயலாமல், மேடு பள்ளங்களால் மறைந்திருந்தாலோ, மறுமுனை கண்ணுக்கு எட்டாத் தொலைவில் இருந்தாலோ, நேர்க்கோடு அமைக்கும் முறையை பிற நேரமைவு என்கிறேம். இதில் இடை நிலையங்கள் அமைக்கப் பயன்படும் முறையை மாறுமுறை நேரமைவு (reciprocal ranging) என்கிறேம்.



படம் 40*a*



படம் 40*b*

A, *B* என்ற இரு புள்ளிகள் (படம் 40 *a* & *d*) ஒரு மேட்டின் இரண்டு பக்கமும் இருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம். அவை ஒன்றுக் கொன்று தெரிவதில்லை. இடையில் *M*, *P* என்ற இரு நிலையங்களை அமைக்க இரண்டு ஆட்கள் கம்புகளுடன் தோராயமாக நேர்க்கோட்டில் அமையுமாறு நின்று கொள்கிறுர்கள். *M* லிருந்து *P B* ஆகியவையும் *P* யிலிருந்து *A*, *M* ஆகியவையும் தெரியுமாறு *M*, *P* ஆகிய புள்ளிகளைத் தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும். முதலில் *P*, *A* ஐ நோக்கி, M_2 இடையில் வருமாறு சைகை காட்டுகிறுர். PM_2A மூன்றும் ஒரு கோட்டில் வந்ததும் *M*, *B*

யைப் பார்த்துக் கொண்டு P யை நடுவில் வருமாறு சைகை காட்டுகிறார். (P_2) இப்போது M_2 P_2 B ஆகியவை ஒரு கோட்டில் இருக்கும். இப்போது P மீண்டும் A யைப் பார்த்துக் கொண்டு M ஐ நடுவில் வருமாறு (M_3) சைகை காட்டுகிறார். இம்முறையைத் தொடர்ந்து A M P B ஆகியவை ஒரே கோட்டில் வரும் வரை செய்து அங்கு கம்புகளை நடுகின்றனர்.

A, B இரண்டிற்குமிடையில் பள்ளம் இருந்தாலும் இந்த மாறு முறை நேரமைவு (reciprocal ranging) மூலம் இடை நிலையங்கள் அமைக்கலாம்.

நீளம் அளத்தல் (Chaining a Line): சங்கிலியால் நீளத்தை அளக்க இரண்டு அளக்கை ஆட்கள் (Chain man) தேவை. சங்கிலியின் முன் முனையைப் பிடித்து இழுத்து செல்பவரை இழுப்பர் (leader or head chain man) என்றும், அவரைத் தொடர்ந்து பின் முனையைப் பிடித்துச் செல்பவரை தொடர்வர் (follower) என்றும் அழைக்கலாம். இழுப்பர் (1) சங்கிலியின் முதல் முனையைப் பிடித்து இழுத்துக் கொண்டே செல்வார்; (2) ஒவ்வொரு சங்கிலி முடிவிலும் தன் கையிலுள்ள அம்பு ஒன்றை ஊன்றிச் செல்வார்; (3) சங்கிலி நேர்க்கோட்டில் இருக்குமாறு பார்த்துத் தொடர்வர் கொடுக்கும் குரல்களுக்கேற்ப, சங்கிலி முனையை நகர்த்திக் கொள்வார். வேலை தொடங்கு முன் அம்புகளை எண்ணி எடுத்துக் கொள்வர்.

தொடர்வருக்கும் சில பணிகள் உண்டு. அதில் முக்கியமானது (1) இழுப்பர் சரியாக நேர்க்கோட்டில் சங்கிலி முனையை வைக்கிறாரா எனக் கண்ணால் பார்த்து; (2) அவருக்குக் குரல் கொடுத்தல்; (3) சங்கிலியின் பின் முனைக் கைப்பிடியை நிலத்தில் உராய விடாமல் கையிலேயே பிடித்துக் கொள்ளுதல்; (4) இழுப்பர் ஊன்றிச் செல்லும் அம்புகளை பிடுங்கிக் கொண்டே செல்லுதல். இவர் கையிலுள்ள அம்புகளே அளக்கப் பட்ட சங்கிலிகளின் எண்ணிக்கையைக் காட்டுமாகையால், வேலை தொடங்கும்போது வெற்றுக் கையுடன் வரவேண்டும். இவ்விருவரில், தொடர்வரே சங்கிலி நேர்க்கோட்டில் அமைகிறது எனக் கண்டு செல்பவராகையால் நல்ல பார்வை, நிதானம், புத்தி கூர்மையுள்ளவரையே அந்தப் பணிக்குத் தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும். அப்போதுதான் பிழையின்றி சரியான அளவு கிடைக்கும்.

சங்கிலியை விரித்தல்

சங்கிலிக் கட்டை எடுத்து அதன் தோல் பட்டையை அவிழ்க்க வேண்டும். சங்கிலியின் இரண்டு கைப் பிடிகளையும் இடது கையில் பிடித்துக் கொண்டு, வலது கையில் மொத்தச் சங்கிலியையும் தூக்கி, தூர எறிய வேண்டும். பின் இழுப்பர் ஒரு கைப் பிடியைப் பிடித்து, சங்கிலி நேராகும் வரை இழுத்துச் செல்வார். சங்கிலி வளையங்களில் உள்ள சுழல், சிக்கல்களை நீக்குவதோடு, வளைந்துள்ள துண்டுகளையும் நேராக்க வேண்டும். இப்போது சங்கிலி அளக்கத் தயார்.

நீளம் அளக்கும் முறை

இழுப்பர் இடது கையில் பத்து அம்புகளும் ஒரு நேர்காண் கம்பும் எடுத்துக் கொண்டு, மறுகையில் சங்கிலியின் கைப் பிடியைப் பிடித்து இழுத்துக் கொண்டு அளக்கவேண்டிய புள்ளிகளுக்கு இடையில் செல்வார். தொடர்வர், முதற் புள்ளியின் முன்னால் அதை ஒட்டி, சங்கிலியின் கைப் பிடியை வைத்து அதன் மீது குதிகால் வைத்து ஊன்றி நின்று கொள்வார். முன்னால் செல்லும் இழுப்பர், சங்கிலி நீளம் முடியும் தருவாயில் தோராயமான நேர்க்கோட்டில், (தான் தற்றுத் தள்ளி நின்று கொண்டு) கம்பை வைத்துப் பிடித்துக் கொள்வார். அக்கம்பு நேர்க்கோட்டில் இருக்கிறதா என்று தொடர்வர் நோக்கி, இல்லையானால் சைகை செய்து அல்லது குரல் கொடுத்து, கம்பை நேர்க்கோட்டில் நிறுத்த உத்திரவிடுவார். பின்னர் குனிந்து கம்பின் அடிப்பாகம் நேர்க்கோட்டில் இருக்கிறதா எனக் கவனித்து, "சரி" என்பார்.

அந்த இடத்தில் கம்பால் ஒரு குழி அல்லது குறி செய்து கொண்டு, கம்பையும் அம்புகளையும் கீழே வைத்து விட்டு, சங்கிலியின் கைப்பிடியை இருகைகளால் இழுத்துப் பிடித்து, உதறி நேராக இழுத்துக் கீழே வைப்பார். அதன் வெளிமுனையில் ஓர் அம்பை ஊன்றுவார். அம்பு ஊன்ற முடியாத கெட்டித்தரையாக இருந்தால், அங்கு ஒரு பெருக்கல் அடையாளம் செய்து அதன் மீது ஓர் அம்பை வைக்க வேண்டும்.

பின்னர் இழுப்பர் கம்பையும், எஞ்சிய ஒன்பது அம்புகளையும் இடதுகையில் எடுத்துக்கொண்டு, வலது கையில் சங்கிலிப் பிடியை எடுத்து சங்கிலியை ஒரு பக்கமாகச் சுண்டி, அம்பை கலைக்காமல் இழுத்துச் செல்வார்.

தொடர்வர், சங்கிலிப் பிடியை கையில் எடுத்துக் கொண்டு தொடர்ந்து வந்து, முதல் அம்பின் அருகில் வந்ததும் இழுப்பருக்குக்

குரல் கொடுப்பார். சங்கிலிப் பிடியை அம்பின் முன்னல் வைத்து அதன் மீது குதிகாலால் ஊன்றி நின்று கொள்வார். முன்போலவே இழுப்பர் பிடித்துள்ள கம்பு நேர்க்கோட்டில் இருப்பதற்கான குரல் கொடுப்பார், அவர் முன் போலவே இழுத்துப் பிடித்து இன்னொரு அம்பைக் குத்துவார்.

தொடர்வர், முதலில் குத்தப்பட்ட அம்பைக் கையில் எடுத்துக் கொண்டு தொடர்ந்து செல்வார். இந்தச் செய்முறை, நீளம் முழுதும் அளக்கும் வரை தொடரும். தொடர்வரின் கையில் எத்தனை அம்புகள் இருக்கின்றனவோ, அந்த நேரத்தில் அதுவரை அளந்த முழுச் சங்கிலி நீளங்கள் அத்தனைதான். அவ்வப்போது இருவர் கையிலும் உள்ள மொத்த அம்புகளின் கூட்டுத் தொகைச் சரியாக உள்ளதா என எண்ணிக் கொண்டால், இடையில் அம்புகள் ஏதேனும் தொலைந்தாலும் கண்டுபிடித்து விடலாம்.

இழுப்பர் கை அம்புகள் தீர்ந்து விட்டால், தொடர்வர் சங்கிலியை நிலத்திலேயே விட்டு, இழுப்பரை அணுகி அந்த கடைசி அம்பைப் பிடுங்கிவிட்டு, அதில் ஒரு கம்பு அல்லது ஆணியை நடுவார். தற்போது மொத்த அம்புகளை எண்ணினல், பத்து வரும். அவற்றை இழுப்பரிடம் கொடுத்துவிட்டு, களக்குறிப் பேட்டில் பத்து அம்புகள் தீர்ந்த விவரத்தைக் குறித்துக் கொள்வார். அம்புகளை அடிக்கடி எண்ணிச் சோதித்துக் கொள்வதால், அம்புகள் பிடுங்காமல் விடுபட்டு போனலோ, அறியாமல் விழுந்து காணமல் போனலோ கண்டுபிடித்து, அதன் மூலம் சங்கிலி அளக்கையில் முழுச்சங்கிலிநீளம் விடுபடுமளவுக்குபெரும் பிழை நேராவண்ணம் தடுக்கலாம். சங்கிலியின் குறை நீளத்தை அளக்க, இழுப்பர் முனைப் புள்ளிக்கும் அப்பால் சங்கிலியை இழுத்து நேராக்குவார். பின் சங்கிலியின் வில்லைகளை அடையாளம் கண்டு, எஞ்சிய துண்டுகளை எண்ணி சரியான நீளத்தை அறிந்து சொல்கிருர்.

சங்கிலியின் நீளம் அறிதல் (Reading a Chain): சங்கிலியில் ஒவ்வொரு ஐந்து மீட்டரில் வில்லைகளும், மீதி மீட்டரில் பித்தளை வளையமும் கோர்த்து இருப்பதால் அளவு காண்பது எளிது. முதலில் மைய வில்லையைக் கண்டு கொண்டு, பின்னர் முன்னேறும் திசையில் புள்ளியின் அருகில் உள்ள வில்லையையும் கண்டு கொள்ள வேண்டும். இது எந்த திசையில் வில்லைகள் கூடுகின்றன, அல்லது குறைகின்றன எனக் கண்டறிய உதவும். பின்னர் எஞ்சிய வளையங்களையும், கடைசி வளையத்திலிருந்து எஞ்சிய துண்டுகளையும் எண்ணி சரியான அளவை அறியலாம்.

சங்கிலியை மடித்துக் கட்டுதல் : சங்கிலியை முழு நீளத்தில் கிடத்தவேண்டும். ஒரு கைப் பிடியைப் பிடித்து இழுத்து வந்து, அதை மறு கைப்பிடியோடு வைக்கவேண்டும். இப்போது சங்கிலி இரண்டாக மடிந்திருக்கும். நடு வில்லையைப் பிடித்துத் தூக்கி, நடு இரண்டு துண்டுகளையும் இடது கையால் பிடித்துக் கொண்டு, வலது கையால் அடுத்த இரண்டு துண்டுகளைப் பிடித்து, மடித்து, முன்னதன் மேல் வைத்து இடது கையால் பிடித்துக் கொள்ள வேண்டும். இவ்வாறே அடுத்தடுத்துள்ள இரண்டிரண்டு துண்டு களையும் மாறி, மாறி மடித்து இடது கையில் சேர்த்து, சங்கிலி முழுதும் மடித்தான பின் தோல் பட்டையால் கட்ட வேண்டும். கட்டி முடித்த தோற்றம் தானியத் தாளரியை கட்டி வைத்தது போல இருக்கும்.

நீட்டலளவையின் துல்லியத் தன்மை (Degree of Accuracy in Chaining) : அளக்கப்படும் தூரங்கள் பலவேறு நீளங்களில் இருக்கலாம்; அளக்கப்படும் சூழலும் பலவேறு தன்மையுடைய தாய், அதாவது ஏற்ற, இறக்கம், புதர் நிறைந்த கரடுமுரடான நிலம் ; அல்லது வெட்ட வெளி போன்ற பலவிதச் சூழல்களில் இருக்கலாம் ; அளக்கப் பயன்படும் கருவியும் சங்கிலி, இரும்புப் பட்டை, நாடா போன்று பலவகைப் படலாம். இவைகளினால் அளக்கப்படும் போது உண்மை அளவுக்கும், அளந்து கிடைத்த அளவுக்கும் சில பிழைகள் இருக்கலாம். அப்பிழையை $1:n$ என்ற விகித சமத்தில் கூறலாம். 400 மீட்டர் நீளத்தை அளந்ததில் 0·2 மீட்டர். பிழை இருந்தால் அது 0·2மீ : 400மீ = 1 :2000 $= \frac{1}{2000}$ ஆகும். அதேபோல $\frac{1}{3000}$; $\frac{1}{4000}$ என்றால் பிழை மூவாயிரத்திற்கு ஒன்று என்றும், நாலாயிரத்திற்கு ஒன்று என்றும் பொருள்.

அனுமதிக்கப்பட்ட பிழைகள் வருமாறு :

(1) மேடுபள்ளமே இல்லாத நல்ல தரை, இரும்புப் பட்டையால் அளத்தல், கவனமான பணி ஆகிய நிலைமைகளில்	2000க்கு 1
(2) கவனமாகச் சோதிக்கப் பட்ட சங்கிலி, மேடு பள்ளம்குறைவாக உள்ளசுமாரான தரை, போதிய அளவு கவனமான அளக்கை ஆகிய நிலைமைகளில்	1000க்கு 1
(3) சராசரிச் சூழ் நிலையில்	— 500க்கு 1
(4) கரடுமுரடான, ஓரளவு மேட்டுப்பாங்கான தரையில் எடுக்கப்படும் அளவுகள்	200க்கு 1

தவறான சங்கிலியால் ஏற்படும் நீளத்தின் பிழை : சங்கிலியின் நீளம் சரியான அளவு இல்லாமல், நீண்டோ, குறைந்தோ இருந்து விடுவதுண்டு. அதனால் ஏற்படும் பிழையைக் கணக்கிட்டு சரியான அளவைக் காணலாம். L' = சங்கிலி, நாடாவின் தவறாக உள்ள நீளம் என்றும், L = அது அசலாக இருக்க வேண்டிய நீளம் என்றும் இருந்தால், உண்மை நீளம் = $\frac{L'}{L}$ × அளந்தநீளம் -(1)

சங்கிலியின் நீளம் கூடியிருந்தால், அளந்த நீளம் குறைவாக இருக்கும். அசல் நீளத்திற்கும், அளந்த நீளத்திற்கும் உள்ள வேறுபாடு பிழை (error) எனப்படும். இதில் பிழை கழித்தல் (—), அதற்கான திருத்தம் கூட்டல் (+) ஆகும். சங்கிலியின் நீளம் குறைந்திருந்தால் அசல் நீளத்தைவிட அளந்த நீளம் கூடியிருக்கும். இதில் பிழை கூட்டல், திருத்தம் கழித்தல்.

அளவுகள் முடிந்த பிறகு சங்கிலியில் தவறு கண்டுபிடிக்கப் பட்டால், அளந்த பரப்பு, கன அளவு இவற்றிற்குப் போதிய திருத்தம் செய்துகொள்ள வேண்டும்.

உண்மைப் பரப்பு = $\left(\frac{L'}{L}\right)^2$ × அளந்த பரப்பு.

உண்மைக் கொள்ளளவு = $\left(\frac{L'}{L}\right)^3$ × அளந்த கொள்ளளவு.

எடுத்துக் காட்டுகள்

எடுத்துக்காட்டு 1

இரண்டு புள்ளிகளின் இடைவெளி 720 அடி இருந்தது. அளந்த சங்கிலியைச் சோதித்ததில் 100 அடிக்கு 100 அடி 4 அங்குலம் இருந்தது தெரியவந்தது. இரு புள்ளிகளின் அசல் இடைவெளி காண்க.

அசல் நீளம் $\frac{L'}{L}$ × அளந்த நீளம்.

$$= \frac{100'-4''}{100'-0''} \times 720'-0'' = 722'4\tfrac{4}{5}''$$

எடுத்துக்காட்டு 2

ஒரு கோட்டின் அசல் நீளம் 371 மீட்டர். 20 மீ சங்கிலி ஒன்றால் அக்கோட்டை அளந்தபோது 372 மீ காட்டியது. சங்கிலியின் அசல் நீளம் என்ன ?

$$\text{அசல் நீளம்} = \frac{L'}{L} \times \text{அளந்த நீளம்}$$

$$\therefore \quad 371 \text{ மீ} = \frac{L'}{20\text{மீ}} \times 372 \text{ மீ}$$

$$L' = \frac{371}{372} \times 20 = 19{\cdot}946 \text{ மீ}$$

எடுத்துக்காட்டு 3

ஒரு 20 மீ சங்கிலி வேலை தொடங்கு முன் சரியான நீளம் இருந்தது. 840 மீ தொலைவு அளந்ததும் சங்கிலி 0·08 மீ நீளம் கூடுதலாகி இருந்தது. 1376 மீ அளந்ததும் 0.12 மீ கூடுதலாகி இருந்தது. அளந்த நீளத்தின் அசல் நீளம் காண்க.

(அ) சங்கிலி தொடக்கத்தில் சரியாக இருந்து, நடுவில் 0.08 மீ கூடியிருப்பதால், சங்கிலியின் நீட்சியை சீரானதாக எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

$$\text{சராசரி நீட்சி} = \frac{0 + 0.8}{2} = 0.04 \text{மீ}$$

$$\text{அசல் நீளம்} = \frac{L'}{L} \times 840$$

$$= \frac{20{\cdot}04}{20} \times 840 = 841{\cdot}68 \text{மீ}$$

(ஆ) 1376 − 840 = 536 மீட்டர் நீளம் அளந்தபோது தொடக்கத்தில் சங்கிலியின் நீளத்தில் 0.08 மீட்டரும் முடிவில் 0.12 மீட்டரும் கூடுதலாக இருந்தன.

$$\therefore \text{சராசரி கூடுதல்} = \frac{0.08 + 0.12}{2} = 0{\cdot}10 \text{ மீ}$$

$$\therefore \quad \text{அசல் நீளம்} = \frac{L'}{L} \times \text{அளந்த நீளம்.}$$

$$= \frac{20{\cdot}10}{20} \times 536 = 538{\cdot}68. \text{ மீ}$$

$$\text{மொத்த அசல் நீளம்} = 841.68 + 538.68$$

$$= 1380.36 \text{ மீட்டர்.}$$

எடுத்துக்காட்டு 4

ஒரு பழைய தரைப்படம் 10 மீ க்கு 1 செமீ வரைவளவில் வரையப்பட்டிருந்தது. அதில் 10 செமீ என்று குறிக்கப்பட்ட கோடு 9·8 செமீ அளவுக்கு குறைந்துவிட்டது. அளக்கையில் பயன்படுத்திய 30மீ சங்கிலி நீளத்தில் 0.03மீ குறைந்திருந்ததாக ஒரு குறிப்பு அத்தரைப்படத்தில் உள்ளது. பரப்பளவி (Planimeter) கொண்டு அளந்ததில் அப்படத்தில் ஒரு வயலின் பரப்பு 96·04 செமீ^{2} இருந்தது. அவ்வயலின் அசல் பரப்பு காண்க.

படத்தில் அளந்த பரப்பு = 96·04 செமீ^{2}

படத்தின் சுருக்கம் 10 செமீ க்கு 9·8 செமீ

அசல் பரப்பு 10^2 செமீ^{2} = $(9{\cdot}8)^2$ செமீ^{2}

∴ படத்தில் அசல் பரப்பு = $\frac{10^2}{(9{\cdot}8)^2} \times 96{\cdot}04$ செமீ^{2}

$= \frac{100}{96{\cdot}04} \times 96{\cdot}04$ செமீ^{2}

= 100 செமீ^{2}

படத்தின் வரைவளவு 10 மீக்கு 1 செமீ

∴ நிலப்பரப்பு = 100×100

= 10,000மீ^{2}

சங்கிலியின் அசல் நீளம் = $30{\cdot}00 - 0{\cdot}03 = 29{\cdot}97$ மீ

∴ அசல் பரப்பு = $\left\{\frac{29{\cdot}97}{30}\right\}^2 \times 10000$ மீ

= 9980 மீ

எடுத்துக்காட்டு 5

வரைவளவு 40மீ க்கு 1செமீ உள்ள தரைப்படத்தில் O உள்ள இரண்டு புள்ளிகளின் இடைவெளி 2036மீ என்று அளந்து அறியப்பட்டது. ஆனால் அளந்தவர் தவறுதலாக 80மீ க்கு 1 செமீ வரைவளவு கோலைப் பயன்படுத்திவிட்டார் என்று தெரிந்தது. அப்புள்ளிகளுக்கிடையில் உள்ள அசல் தூரம் காண்க.

80மீ க்கு 1 செமீ என்ற வரைவளவுப்படி படத்தில் புள்ளிகளின் இடைவெளி = $\frac{2036}{80} = 25{\cdot}45$ செமீ

படத்தின் வரைவளவு 40 மீ க்கு 1 செமீ ஆதலால் அசல் தூரம் $= 25{\cdot}45 \times 40 = 1018$மீ.

மாற்றுவழி :

$$\text{அசல் தூரம்} = \frac{\text{பிழைவரைவளவு}}{\text{சரியானவரைவளவு}} \times \text{அளந்த தூரம்}$$

$$= \frac{1}{80 \times 100} \times \frac{40 \times 100}{1} \times 2036$$

$$= 1018 \text{ மீ}$$

எடுத்துக்காட்டு 6

20மீ சங்கிலியால் அளந்த ஒரு வயலின் பரப்பு 40 கிமீ^{2} இருந்தது. அளக்கை முடிந்த பின்னரே சங்கிலி 0·1மீ குறைந்திருந்தது கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. வயலின் அசல் பரப்பு காண்க.

$$\text{அசல் பரப்பு} = \left(\frac{L'}{L}\right)^2 \times \text{அளந்த பரப்பு}$$

$L' = 19{\cdot}9$மீ ; $L = 20$மீ அளந்தபரப்பு $= 40$ கிமீ^{2}

$$\therefore \quad \text{அசல் பரப்பு} = \left(\frac{19{\cdot}9}{20}\right)^2 \times 40$$

$$= 39{\cdot}60 \text{ கிமீ}^2$$

எடுத்துக்காட்டு 7

3 சங்கிலிக்கு 1 செமீ வரைவளவில் வரையப்பட்ட தரைப் படத்தில், ஒரு கழனியின் பரப்பு கணக்கிட்டதில் 250 ஏர் (*are*) விடை வந்தது. ஆனால் கணக்கிடப் பயன்படுத்திய வரைவளவு கோல் ஐந்து சங்கிலிக்கு ஒரு செமீ கோல் எனப் பின்னரே கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. சரியான பரப்பு கண்டுபிடிக்கவேண்டும்.

$$\text{அசல் பரப்பு} = \left\{\frac{\text{பிழை வரைவளவு}}{\text{சரியான வரைவளவு}}\right\}^2 \times \text{அளந்த பரப்பு}$$

$$= \left(\frac{1}{5} \times \frac{3}{1}\right)^2 \times 250$$

$$= \frac{9}{25} \times 250 = 90 \text{ ஏர்}$$

எடுத்துக்காட்டு 8

அளக்கை தொடங்கு முன்னர் சங்கிலி சோதனை செய்யப்பட்டதில், சங்கிலியில் பிழை இல்லாமல் சரியாக 100 அடி இருந்தது. அளக்கை முடிந்ததும் சோதித்ததில் 100·25 அடி இருந்தது. 40 அடிக்கு ஓர் அங்குலம் என்ற வரைவளவுப்படி வரைந்த அளக்கைப் படத்தில் பரப்பு 20·4 அங்^{2} உள்ள கழனியின் அசல் பரப்பை சதுர கசத்தில் காண்க.

வரைவளவு : 1 அங் = 40 அடி

படத்தில் பரப்பு = 20·4 அங்^{2}

நிலத்தில் பரப்பு = 20·4 × $(40)^2$

= 3264 அடி^{2}

$$L' = \frac{100 + 100 \cdot 25}{2} = 100 \cdot 125$$

$$L = 100'$$

அளந்த பரப்பு = 3264 அடி^{2} = $\frac{3264}{9}$ கசம்^{2}

அசல் பரப்பு = $\left(\frac{L'}{L}\right)^2$ × அளந்த பரப்பு

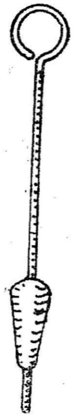
$$= \left(\frac{100.125}{2}\right)^2 \times \frac{3264}{9}$$

= 463·50 கசம்^{2}

நிலச் சரிவுகளில் அளத்தல் : வரைவதற்கு எப்போதும் கிடை தூரமே பயன்படுவதால், சாய்வு தரையாக இருந்தாலும் கிடை தூரத்தையே கண்டுபிடிக்க வேண்டும். வசதியைப் பொருத்து, சில சமயம் சாய்வு நீளத்தை அளந்து கொண்டு அதிலிருந்து கிடை தூரத்தைக் கணக்கிட்டு அறிந்து கொள்வதும் உண்டு. சாய்வு தரையில் தூரம் அளக்க (1) நேர் முறை, (2) பிற முறை என இரண்டு விதம் உண்டு.

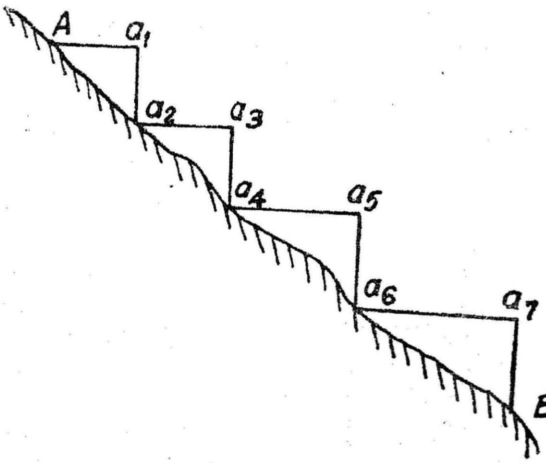
(1) நேர் முறை : படி கட்டி அளத்தல் : இம்முறையில் சாய்வு தரையில் அளக்க வேண்டிய திசையில் மலைப்படி போல சங்கிலியை மட்டமாகப் பிடித்துக்கொண்டு, மறுமுனையை நிலத்திற்கு மாற்றிக் கொண்டு, கிடை தூரத்தை மட்டும் எடுத்துக் கொள்ளல் ஆகும். இதற்கு தரையின் சாய்வைப் பொருத்து, சங்கிலியின் ஒரு பகுதியை மட்டும், சுமார் 10, 20, 30, 50 துண்டுகளை மட்டும் பயன்படுத்தலாம். இதில் இழுப்பர், தொடர்வர் ஆகியவர் களோடு அளவையாளரின் உதவியும் தேவை (படம் 42). தொடர்வர், சங்கிலியின் முனைக் கைப்பிடியை முதற் புள்ளி (A) யில் வைத்துக் குதிகாலால் அழுத்திப் பிடித்துக் கொண்டு, இழுப்பரை நேர்க்கோட்டில் நிறுத்தக் குரல் கொடுப்பார். இழுப்பர் சங்கிலியை இழுத்து மட்டமாக பிடித்துக்கொள்வார்.

அளவையாளர் சற்றே தொலேவில் நின்று சங்கிலி மட்டமாக இருக்கிறதா என்று கவனித்துக் கொள்வார். பிறகு அப்புள்ளியை (a_1) வட்டு விட்டோ, கல் ஒன்று போட்டோ நேர் காண் கம்பை நேராக நிறுத்தியோ, அல்லது அம்பு (படம் 41) ஒன்றைக் கீழே போட்டோ. நிலத்திற்கு (a_2) மாற்ற வேண்டும். இந்த உயரம் $a_1a_2 = 2\cdot8$ மீட்டருக்கும் குறைவாக வைத்துக் கொள்வது நல்லது. பிறகு தொடர்வர் நிலே a_2 க்கு மாறிக் கொண்ட பின் பழையபடி தொடர்ந்து அளக்கலாம். இம்முறையில் நேரடியாகக் கிடை தூரம் கிடைக்கின்றது. 2·3, 4·5 போன்ற தூரங்களே ஒரே அளவாக வைத்துக் கொண்டு கடைசி தூரமான 6·7 இன் உண்மை அளவை அறிந்து கொண்டும், அனைத்தையும் கூட்டிக் கொள்ளலாம்.



படம் 41

கீழ்க் கண்ட குறிப்புகளேக் கவனத்தில் கொண்டால் இம் முறையில் அளவுகள் சரியாகக் கிடைக்கும்.



படம் 42. படிகட்டி அளத்தல்

(1) நாடாவோ, சங்கிலியோ, எதுவாயினும் மட்டமாக இருக்க வேண்டும். அளப்பவர்களேத் தவிர தூர நிற்கும் மூன்றுவ தவர் இதைக் கண்டு இழுப்பருக்கு மேலே, கீழே தூக்க ஆணையிட்டு மட்டமாக்க வேண்டும்.

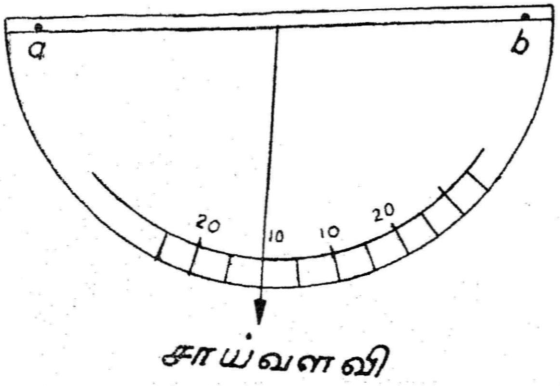
(2) சங்கிலி தொங்குவதால் உண்டாகும் பிழை, அதன் எடையின் இருமடி (square) க்கு நேர் விகிதத்திலும், இழுப்பின் தலேகீழ் மடங்கின் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்திலும் இருக்கும்.

அதாவது $\left(\frac{\text{எடை}}{\text{இழுப்பு}}\right)^2$ க்கு நேர் விகிதத்தில் பிழை இருக்கும். பிழையைக் குறைக்க, முடிந்த அளவு சங்கிலியை இழுத்துப் பிடிக்க வேண்டும். அதனால் இது போன்ற இடங்களில் சங்கிலியைவிட நாடா மிகவும் நல்லது; எடையும் குறைவு; இழுத்துப் பிடிக்கவும் எளிது.

(3) சங்கிலியின் நீளம் எல்லாப் படிகளிலும் சமமாக இருக்க வேண்டியதில்லை. சாய்வு அதிகமானால் நீளத்தைக் குறைத்துக் கொள்ளலாம். சங்கிலியின் எடை கூடினாலும் நீளத்தைக் குறைத்துக் கொள்ளலாம்.

(4) ஏறு தரையில் அளப்பதைவிட, இறங்கு நிலத்தில் அளப்பது வசதியானது. தொடர்வருக்கு முக்கியமாக இரண்டு வேலைகள். சுழி முனையைக் கெட்டியாகப் புள்ளியின் மீது வைத்து அழுத்திக் கொள்ளுதல், இழுப்பரும் அவர் வைக்கும் நேர்காண் கம்பும், அளக்கைக் கோட்டில் இருக்கிறதா எனப் பார்த்து, இழுப்பரை இயக்குதல்.

சாய்வளவி (Clinometer)

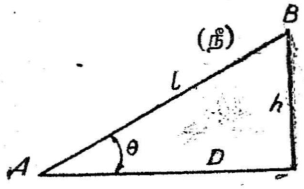


படம் 43

நிலத்தின் சாய்வை அளப்பதற்குப் பயன்படும் கருவி சாய்வளவி ஆகும். எளிய சாய்வளவி ஒன்றின் படத்தைக் காண்க (படம் 43). இது அரை விட்ட வடிவமுள்ள பாகைமானி வடிவில் இருக்கும். *ab* என்பன பார்வைக்கோடு நேராகக் காண உதவும் ஊசிகள். நடுவில் ஒரு வட்டுக் குண்டு நூலுடன் தொங்குகிறது.

இதைப் பயன்படுத்து முன், பார்ப்பவரின் கண் மட்ட உயரத்தை ஒரு நேர்காண் கம்பில் நூல் ஒன்றால் கட்டிக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். சாய்வு தெரிய வேண்டிய இரு புள்ளிகளில் ஒன்றின் மீது பார்ப்பவர் நின்றுகொண்டு, மறு புள்ளியின் மீது நிறுத்தப்பட்ட நேர்காண் கம்பில் கட்டி நூலை *ab* புள்ளிகளின் வழியே காணவேண்டும். அதே நிலையில் தொங்கும் நூலை விளிம்பில் அழுத்திப் பிடித்துக்கொண்டு எடுத்து, நூல் நேர் உள்ள கோண அளவை அறிய வேண்டும்.

(2) பிற முறை : சாய்வு நிலங்களில் சாய்மானம் குறைவாக இருக்கும்போது, கிடைதூரத்தை படி, படியாக அளப்பதைவிட சாய் நீளத்தை அளந்து, சாய்வு கோணத்தையும் அறிந்து கொண்டு கிடைநீளத்தைக் கணக்கிட்டு அறியலாம். சாய்வு கோணத்தை அறிய சாய்வளவியோ, அபினி மட்டகியோ கொண்டு அளக்கலாம். உயர வேறுபாட்டை மட்டகியாலோ, கை மட்டத் தாலோ அறியலாம். கோணமும், சாய்வு தூரமுமோ அல்லது கோணமும் உயரமுமோ தெரிந்தால் கிடைதூரத்தை எளிதில் கணிக்கலாம்.



l = சாய்வு தூரமாகவும்

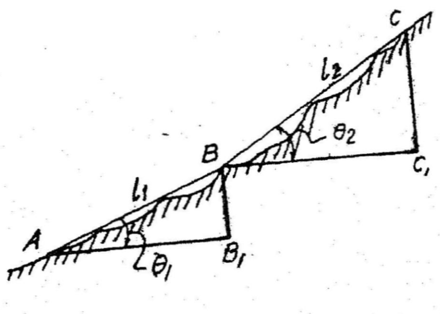
θ = சாய்வு கோணமாகவும் இருந்தால் கிடை தூரம்

AB_1 = (நீ) cosine θ......(4)

படம் 44

முதல் முறை

நிலச் சாய்வு சீராக இல்லாமல் அடிக்கடி வேறுபட்டால், வேறுபடும் புள்ளிகளில் சாய்வு நீளமும், கோணமும் தனித்



படம் 45

தனியாக அளந்து ஒவ்வொரு கிடைதூரத்தையும் கணக்கிட்டுக் கூட்டிக் கொள்ளுதல் நல்லது (படம் 45).

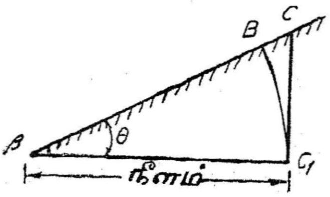
$l_1, l_2, \ldots\ldots\ldots$ சாய்வு நீளங்கள்.

$\theta_1, \theta_2, \ldots\ldots\ldots$ கோணங்கள்.

கிடைவெளி $= l_1 \text{ cosine } \theta_1 + l_2 \text{ cosine } \theta_2$

$$= \Sigma l \text{ cosine } \theta$$

இரண்டாவது முறை : இரண்டு புள்ளிகளுக்கிடையில் உள்ள தூரம் மட்டும் தெரிந்தால் போதும் என்ற நிலையில், அதைக் கடைசியில் கணக்கிட்டு அறியலாம். இடை நிலையங்களை அளக்கும் போதே சரியான தூரத்திற்கான திருத்தங்களை (corrections) ஒவ்வொரு அளவிலும் சேர்த்துக் கொண்டே வந்தால் அளவு முடியும் போதே, தனிக் கணக்குகள் தேவையில்லாமல் நீளம் கிடைக்க இரண்டாம் முறையில் முயலலாம்.



படம் 46

ஒவ்வொரு அளவுக்கும் ஆன திருத்தம் கண்டுபிடிக்க வழி

இதில் θ = நிலத்தின் சாய்மானம்

$AC_1 = AB = 20$மீ $= 100$ துண்டுகள்

$\therefore AC = 100 \text{ secant } \theta$ துண்டுகள்

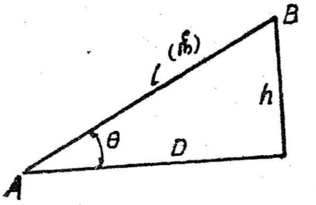
$\therefore BC = AC - AB = 100 (\sec\theta - 1)$ துண்டுகள்

கிடைதூரம் 100 துண்டுகள் அல்லது ஒரு சங்கிலி இருக்க வேண்டுமானால் தரையின் மேலுள்ள சாய்வு தூரம் 100 $\sec\theta$ துண்டுகள் இருக்க வேண்டும். சங்கிலி முனையை சாய்வு நிலத்தின் மேல் B யில் வைத்தபின் அம்பு முனையை இன்னும் முன்னேறி C யில் வைக்கலாம். 100 $\sec\theta$ துண்டுகள் கொண்ட தூரத்தை மூலை விட்ட ஈடு (hypotenusal) என்று அழைக்கிறார்கள். இயல்பு சீகண்ட் அட்டவணை (Table of Natural Secants) ஒன்று கையில் வைத்துக் கொண்டால் அவ்வப்போது ஒவ்வொரு அளவுக்கும் உடனே அட்டவணையைப் பார்த்து AC நீளம் அறிந்து Cயில் அம்பைக் குத்தலாம். இவ்வாறு அளக்கையைத் தொடர்ந்து கிடைதூரத்தை அளக்கை முடிந்ததும் கணக்கீடு அதிகமின்றி நேராக அறியலாம்.

சாய்மானம் குறைவாக உள்ளபோது திருத்தமும் குறைவாகவே இருக்குமாதலால் இடையில் குத்தான் (offset) அளக்க வேண்டிய இடங்களில், நீண்டு இருக்கும். சங்கிலியில் உள்ள அளவையே எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

மூன்றும் முறை

சாய்வு நிலத்தின் கோணம் அளக்க வழியில்லாமல், உயரத்தை மட்டகியால் அறிய முடிந்த இடங்களில் இம் முறை பயன்படும்.



படம் 47

$A\ B\ B_1$ முக்கோணத்தில்

$l^2 = D^2 + h^2$

$D = \sqrt{l^2 - h^2}$

l = சங்கிலி நீளம்

h = உயரம்

D = தூரம்

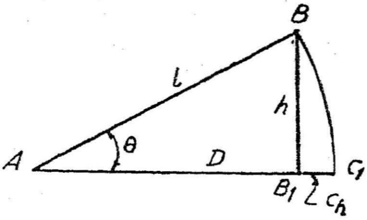
சாய்வுக்கான திருத்தம் : சாய்வு நிலத்தில் அளக்கும் நீளத்திற்கு திருத்தங்கள் கணக்கிட்டுக் கழித்து, சரியான கிடை தூரம் கண்டுபிடிக்கலாம். அதற்கான வாய்ப்பாடு காண்போம்.

l = சாய்வு நீளம்

h = குத்துயரம் $(B\ B_1)$
A, B இவற்றின் உயரங்களில் உள்ள வேறுபாடு

D = கிடைதூரம் (AB)

Ch = திருத்தம் $(B_1\ C_1)$ சாய்வு நீளத்தில் கழிக்க வேண்டியது



படம் 48

$Ch = B_1C_1 = AC_1 - AB_1 = l - D = l - \sqrt{l^2 - h^2}$ (சரியாக) ....)

$= l - l\left(1 - \frac{h^2}{2l^2} - \frac{h^4}{8l^4} - \ldots\ldots\ldots\ldots\right) = \frac{h^2}{2l}$ (சுமாராக) [இதில் l இன் இருமடி மட்டும் எடுத்துக் கொண்டு அதன் பிற மடிகள் மிகச் சிறியதாக இருக்குமாதலால் தள்ளி விடுகிறோம்.]

மாற்றுவழி 1

$$l^2 - D^2 = h^2$$

அல்லது $(l + D)\ \ (l - D) = h^2$

$$\therefore\ Ch = l - D = \frac{h^2}{(l+D)} = \frac{h^2}{2l} \text{ (சுமாராக)}$$

இந்தத் திருத்தத்தை அளந்து பெற்று சாய்வு நீளத்திலிருந்து கழித்து, கிடைதூரம் பெறலாம்.

2. நிலத்தின் சாய்மானம் தெரிந்தால் திருத்தம் காண வாய்ப்பாடு.

θ = சாய்வு கோணம் (பாகையில்)

$h\ l = \sin\theta = 0{\cdot}0175 \times l_{\theta}$ (சுமாராக)

$Ch = \frac{h^2}{2l}$ (மேலே கண்டுள்ளபடி)

$\therefore$ திருத்தம் $Ch = \frac{(0.0175 \times l_{\theta})^2}{2l} = 0{\cdot}00015 l_{\theta}^2$

$= \frac{1\frac{1}{2} \times l\ \theta^2}{10{,}000}$ (சுமாராக)

3. நிலத்தின் சாய்மானத்தைத் தியோடலைட் போன்ற கருவிகளால் துல்லியமாக அளக்க முடிந்தால், திருத்தத்தையும் சரியாக கணக்கிடலாம்.

$$
\begin{aligned}
Ch &= B_1C_1 = AC_1 - AB_1 = AB - AB_1 \\
&= l - D \\
&= l - l\cos\theta \\
&= l\,(1 - \cos\theta) \\
&= l \text{ versine } \theta \quad \text{(சரியாக)}
\end{aligned}
$$

(ஏனெனில் $1 - \text{cosine } \theta = \text{versine } \theta$)

வெர்சைன் பட்டியல், கைவசம் இருந்தால் அவ்வப்போதே திருத்தத்தைக் கண்டுபிடித்துக் கொள்ளலாம் அல்லது இயல்புக் கொசைன் பட்டியலிலிருந்து வெர்சைன் கண்டுபிடிக்கவேண்டும்.

சாய்வு நிலத்தில் அளப்பதின் நன்மை தீமைகள்

தரை மேடு பள்ளங்கள் அதிகமாகவும், குறுகிய தூரங்களில், வாட்டம் அடிக்கடி மாறுவதாகவும், அமைந்திருந்தால் படிப்படி அளவை முறையே சிறந்தது. ஆனால் நிலத்தின் வாட்டம், சாய் மானம் குறைவாகவும், நீண்ட தூரம் ஒரே சாய்வு இருந்தாலும் இம்முறை பயன்படாது. இதில் சங்கிலி முனையை உயரத்தி லிருந்து கீழே மாற்றும் போது கவனம் தேவை. சங்கிலியையோ, நாடாவையோ சரியாக இழுத்துப் பிடிக்காததாலும், அதன் எடையால் ஏற்படும் தொங்கலால் ஏற்படும் பிழையையும் தவிர்க்க வேண்டும்.

நிலத்தின் சாய்மானம் நீண்ட தூரத்திற்கு மாறுமலும், சாய்மானம் குறைவாகவும் இருந்தால் பிற முறையே (indirect method) சிறந்தது. மூலைவிட்ட ஈடு கூடுதலாக சேர்த்துக் கொள்ளப்படும் இரண்டாவது பிறமுறை, பாதை அளக்கை (Route Survey) யில் பயன்படுகிறது.

நிலத்தின் சாய்மானம் 3°க்கும் குறைவாக இருந்தால், தரையை சமதளமாகவே கருதிக்கொள்ளலாம். படிப்படியாக அளக்க வேண்டியதில்லை; சாய்வுத் திருத்தமும் சேர்க்க வேண்டியதில்லை. அதுவும் சங்கிலியைப் பயன்படுத்தும் போது நேரடியாக அளக்கலாம். திருத்தமே வேண்டாம்.

சாய்வு தரை அளவுகளுக்கு எடுத்துக்காட்டுகள்

எடுத்துக்காட்டு 1

ஒரு சங்கிலி நீளத்திற்குள் தரை 3·24மீ உயர்ந்து விடுகிறது. சங்கிலி நீளம் (அ) 30மீ, (ஆ) 20மீ ஆக இருந்தால் சாய்வுக் கோணம், மூலைவிட்ட ஈடு ஆகியவற்றைக் கண்டுபிடி.

(அ) சங்கிலி நீளம் = 30மீ

உயரம் = 3·24மீ

சாய்வுக்கோணம் θ என இருக்கட்டும்.

$$\sin\theta = \frac{3{\cdot}24}{30}$$

$$\log\sin\theta = \bar{1}.0334$$

$$\theta = 6^\circ\ 12'$$

மூலைவிட்ட ஈடு $= 30\ (\sec\theta - 1)$

$= 30\ (\sec 6^\circ\ 12' - 1)$

$= 0.1770$மீ

அல்லது $= 17.70$செமீ

(ஆ) சங்கிலி நீளம் 20மீ, உயரம் 3·24மீ

$$\sin\theta = \frac{3.24}{20}$$

$$\log\sin\theta = \bar{1}{\cdot}2095$$

$$\theta = 9^\circ\ 19'$$

மூலை விட்ட தூரம் $= 20\ (\sec\theta - 1)$

$= 20\ (\sec 9^\circ\ 19' - 1)$

$= 1{\cdot}0133$ மீ

அல்லது $= 10{\cdot}13$ செமீ

எடுத்துக்காட்டு 2

(அ) $10^\circ\ 12'$, (ஆ) $16^\circ\ 36'$ சாய்மானம் உள்ள தரையில் அளந்த 100 மீ நீளத்திற்கு எவ்வளவு திருத்தம் சேர்க்க வேண்டும்.

திருத்தம் $= Ch = 100\ (1 - \cos\theta)$ (கருக்காக)

$= \dfrac{1{\cdot}5 \times 100 \times \theta^2}{10{,}000}$ (தோராயமாக)

(அ) திருத்தம் $= Ch = 100\ (1 - \cos 10^\circ\ 12')$

$= 100\ (1 - 0{\cdot}9842)$

$= 1{\cdot}58$ மீ (கருக்காக)

அல்லது $= \dfrac{1{\cdot}5 \times 100\ (10{\cdot}2)^2}{10{,}000} \times 1{\cdot}56$ மீ (தோராயமாக)

(ஆ) திருத்தம் $= Ch = 100\ (1 - \cos 16^\circ\ 36')$

$= 100\ (1 - 0{\cdot}9583)$

$= 4{\cdot}17$ மீ (கருக்காக)

அல்லது $= \dfrac{1{\cdot}5 \times 100 \times (16{\cdot}6)^2}{10{,}000} = 3{\cdot}98$ மீ

(தோராயமாக)

எடுத்துக்காட்டு 3

AB என்ற இரண்டு நிலையங்களுக்கிடையில் உள்ள இடைவெளி சாய் தரையில் அளந்தபோது 1980மீ இருந்தது. (அ) சாய் கோணம் 8°. (ஆ) வாட்டம் ஐந்தில் ஒன்று. (இ) A, Bக்கு இடை உயரம் 80மீ ஆக இருந்தால் AB ஆகிய நிலையங்களின் கிடைத் தொலைவு எவ்வளவு?

(அ) கிடை வெளி $= D$

சாய்தரை நீளம் $= l$

சாய்வுக் கோணம் $= \theta$ ஆக இருக்கட்டும்.

அப்போது $D = l\ \cos\theta = 1980 \cos 8^\circ$

$= 1980 \times 0{\cdot}9903$

$= 1860{\cdot}79$ மீ

அல்லது திருத்தம் $= Ch = 1980\ (1-\cos\theta)$

$= 1980\ (1-0{\cdot}9903)$

$= 19{\cdot}20$

எனவே $D = l - Ch = 1980 - 19{\cdot}20$

$= 1860{\cdot}80$ மீ

(ஆ) வாட்டம் ஐந்தில் ஒன்று

அதாவது கிடை ஐந்து, நிலை ஒன்று

$$\therefore \tan\theta = \frac{1}{5}$$

$$\therefore \theta = 11^\circ\ 19'$$

கிடைத் தொலைவு $D = l\cos\theta = 1980\cos 11^\circ\ 19'$

$= 1980 \times 0{\cdot}9807$

$= 1941{\cdot}79$ மீ

அல்லது திருத்தம் $= Ch = l\,(1-\cos\theta)$

$= 1980\ (1-0{\cdot}9807) = 37{\cdot}21$

$D = l - Ch = 1980 - 37{\cdot}21$

$= 1942{\cdot}79$

(இ) இடை உயரம் $= 80$ மீ

(1) $D = \sqrt{l^2 - h^2} = \sqrt{1980^2 - 80^2}$

$= 1978{\cdot}4$ மீ

(2) $\sin\theta = \dfrac{80}{1980} = 0{\cdot}0404$

$\theta = 2^\circ\ 19'$

$D = l\cos 2^\circ\ 19' = 1980 \times 0{\cdot}9992$

$= 1978{\cdot}4$ மீ

(3) சாய் நீளத்திற்கான திருத்தம் =

$$Ch = \frac{h^2}{2l} = \frac{80^2}{1980 \times 2} = 1{\cdot}6 \text{ மீ}$$

$\therefore D = l - Ch = 1980 - 1{\cdot}6 = 1978{\cdot}4$ மீ

$$(4)\quad Ch = \frac{1.5\, l\, \theta^2}{10{,}000} = \frac{1.5 \times 1980 \times (2.3167)^2}{10{,}000} = 1.6 \text{ மீ}$$

$$D = l - Ch = 1980 - 1.6 = 1978.4 \text{ மீ}$$

எடுத்துக்காட்டு 4

சாய்மானம் 12° உள்ள நிலத்தில் அளந்த நீளம் 1680 துண்டு (links) அளந்த சங்கிலியில் 0·5 துண்டு அதிகமாக இருந்ததைப் பின்னரே அறிந்தனர்.

அசல் இடைவெளியைக் கண்டுபிடி.

$$\text{கிடை நீளம்} = l \cos \theta$$

$$= 1680 \cos 12^\circ$$

$$= 1680 \times 0.9781$$

சங்கிலியின் அதிகப்படி நீளம் 0·5 துண்டு

$$\therefore \text{அசல் நீளம்} = 1680 \times 0.9781 \times \frac{100.5}{100} = 1651 \text{ துண்டு}$$

$$= 1651 \text{ துண்டு}$$

நீட்டலளவையில் பிழைகள்: நீட்டலளவையில் ஏற்படும் பிழைகளை இரண்டு வகையாகப் பிரிக்கலாம். (1) ஈடு செய்பவை. (2) கூடிக் கொள்பவை. வெப்பத்தால் விரிவடைதல், கருவிகள் கட்டுமானத்தில், சரியாக்கலில் ஏற்படும் குறைகள், மனிதனின் பார்வைப் பிழைகள் போன்ற இயற்கைக் காரணங்களால் இவை ஏற்படலாம்.

ஈடு செய்யும் பிழைகள்

(1) **சங்கிலியைத் தவறுகப் பிடித்தல்:** தொடர்வர் சங்கிலியை சரியாக அம்புக்கு முன் கொண்டு வராமல் ஏதாவது ஒரு பக்கத்தில் பிடிப்பதால் பிழை ஏற்படும்.

(2) சங்கிலி முழு நீளத்தை சரிசெய்வதற்காக உள்ளே இருக்கும் துண்டுகளையோ, வளையங்களையோ கூட்டியோ குறைத்தோ இருந்தால் சங்கிலியில் எடுக்கும் பின்ன அளவுகள் சரியாக இருக்காது.

(3) படிப்படியாக அளக்கும் போது இழுப்பர் சங்கிலி முனையை நிலத்திற்கு மாற்றும் போது, சரியான முறையில் இறக்காமல் (கல் விட்டுப் பார்த்து இறக்காமல்) ஏற்படும் கவனக் குறைவால் பிழைகள் ஏற்படலாம்.

(4) சீராக சரி செய்யப்படாத சங்கிலியாலோ, சங்கிலி, நாடா போன்ற வெவ்வேறு கருவிகள் கொண்டோ நிலத்தில் அமைக்கப்படும் கோணங்கள் (setting out angles) சரியாக இல்லாமல் பிழை ஏற்படலாம்.

இவை அனைத்தும் இரு திசைகளிலும் ஏற்பட வாய்ப்புள்ள தால் மொத்த நீளம் கூடிக்கொண்டோ, அல்லது குறைந்து கொண்டோ போகலாம்.

கூடிக் கொள்ளும் பிழைகள் : ஒரே திசையில் ஏற்படும் பிழைகள் ஒன்றொடொன்று சேர்ந்து, மொத்த நீளத்தை எப்போதும் குறைத்தோ, எப்போதும் கூட்டியோ காட்டும். இவை இரண்டு வகைப்படும். (1) கூடும் பிழைகள். (2) குறையும் பிழைகள்.

கூடும் பிழைகள் : சங்கிலியின் நீளம் குறைவதால் கிடைக்கும் அளவு, உண்மை அளவைவிடக் கூடுதலாகக் காட்டுபவை.

அவை: (1) துண்டுகள் (லிங்குகள்) வளைந்திருப்பது; சங்கிலியை சரி செய்யும் போது அதிகப்படியான வளையங்களை எடுத்து விடுவது; சங்கிலியில் முடிச்சுகள் விழுந்துகொள்வது ; சேறும் மண்ணும் வளையங்களில் ஒட்டிக்கொள்வது; அளவு நிலைவு செய் யப்பட்ட வெப்பத்தைவிட, வெளிவெப்பம் குறைந்து போவதால் ஏற்படும் சுருக்கம்.

(2) சாய்வு நிலத்தில் அளந்த அளவுக்கு சாய்வுத் திருத்தம் சேர்க்காமல் விட்டுவிடுவது.

(3) சங்கிலியோ, நாடாவோ தூக்கிப் பிடித்து அளக்கப்படும் போது ஏற்படும் தொங்கலுக்கான திருத்தம் ஏதும் சேர்க்காமல் விட்டுவிடுவது.

(4) இரு புள்ளிகளுக்கிடையில் நேர்க்கோடு அமைக்காமல், வளைந்து, வளைந்து அளப்பது.

(5) தூக்கிப் பிடித்து அளக்கும்போது காற்று வேகமாக அடிப்பதால் சங்கிலியில் ஏற்படும் பக்க வளைவு. ஆகிய காரணங் களால் சங்கிலியின் நீளம் குறைந்து போவதால் அளக்கையில் கிடைத்த நீளம் அதிகப்படியாக இருக்கும்.

குறையும் பிழைகள் : சங்கிலியில் உள்ள வளையங்கள் தேய்வ தாலோ, நீண்டு விடுவதாலோ, வளைய இணைப்புகள் விடுபட்டுப்

போவதாலோ அல்லது வெப்பத்தால் சங்கிலி விரிவடைவதாலோ, சங்கிலியின் நீளம் கூடிவிடும். அதனால் கிடைக்கும் அளவு உண்மை அளவைவிடக் குறைந்தே இருக்கும்.

நீட்டலளவையில் இறுதியில் கிடைக்கும் பிழைகள் இரண்டு பகுதிகளாகும். ஒன்று கூடிக் கொள்ளும் பிழைகள். நீளத்திற்கு (L) நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். மற்றது ஈடுசெய்யும் பிழைகள் நீளத்தின் வேருக்கு $\sqrt{L}$ நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு

1280 மீ தூரத்தை, 20 மீட்டர் சங்கிலியால் அளப்பதாகவும், சங்கிலியின் நீளம் 0·02 மீ கூடியுள்ளதாகவும், சங்கிலி நீளத்தைக் குறிப்பதில் $\pm$ 0·03 மீ பிழை இருக்கிறதென்றும் வைத்துக் கொள்ளலாம்.

குறிப்பதில் உள்ள ஈடு செய்யும் பிழை

$$= \pm 0{\cdot}03 \times \sqrt{\frac{1280}{20}} = \pm 0{\cdot}24 \text{ மீ}$$

தவறான நீளத்தால் ஏற்படும் கூடிக்கொள்ளும் பிழை

$$= \pm 0{\cdot}02 \times \frac{1280}{20} = 1{\cdot}28 \text{ மீ.}$$

இரண்டாவதுள்ள பிழை குறைவாகத் தெரிந்தாலும், நீளத்தில் அதனால் ஏற்படும் பிழை, முன்னதை ஒப்பிடும்போது மிகவும் அதிகம்.

நீட்டளலவையில் தவறுகள் (Errors in Chaining): சங்கிலி போடுவதில் அனுபவமில்லாத உதவியாளர்களால் ஏற்படும் தவறுகள் பல. கொஞ்சம் கவனமாக இருந்தால் அவற்றைத் திருத்திக் கொள்ளலாம். இந்த தவறுகள் எந்த விதிமுறைக்குள்ளும் அடங்குவதில்லை.

1. **அம்புகள் இடமாற்றம் :** (1) அம்புகளைத் தவறாகக் குத்தி விட்டாலோ, குத்திய அம்பு விழுந்து விட்டாலோ, பின் சரியான இடத்திற்கு மாற்றுவதை சரியாக செய்ய முடியாமை போன்றவற்றால் பிழை ஏற்படும். இத்தவறைக் குறைக்க, சங்கிலி முடியும் இடத்தில் அம்பு நடு முன்னர், சங்கிலி முனையை பெருக்கல் குறியால் அடையாளம் செய்துகொண்டு, அதில் அம்பை நடலாம்.

2. **நாடாவின் சுழி முனையைக் கவனிக்கத் தவறுதல்:** நாடாவின் சுழிமுனை நாடாவில் உள்ளதா அல்லது வளையத்தில் உள்ளதா என்று கவனித்துக் கொள்ளவேண்டும்.

3. முழுச் சங்கிலி அல்லது நாடாவின் நீளத்தை விட்டுவிடுதல் அல்லது சேர்த்துக் கொள்ளல் : தவறுகளிலெல்லாம் பெரிய தவறு இதுதான். அம்புகளைச் சரியாக எண்ணாமலோ, அல்லது தொலைந்து விட்டாலோ ஏற்படுவது. இழுப்பர் அம்புகளை எண்ணி, நல்ல எண்ணமாக (round figure or say ten) எடுத்துக் கொள்வதாலும், ஒவ்வொரு மாற்றத்திலும், அம்புகளின் எண்ணிக்கையை இருவரும் சோதித்துக் கொள்வதாலும் இதைத் தவிர்க்கலாம். தொடர்வர் ஓர் அம்பைப் பிடுங்காமல் போய் விட்டாலும், தவறு நேர்ந்து ஒரு சங்கிலி அல்லது நாடா விடுபட்டுப் போய்விடும்.

4. சங்கிலியில் தவறான முனையிலிருந்து எண்ணி விடல் : 30 மீட்டர் சங்கிலியில் 10 மீ வில்லையும் 20 மீ வில்லையும் ஒரே மாதிரி இருக்கும். நடுவில் இருக்கும் 15 மீ வில்லையை அடையாளம் கண்டு சரியாக வில்லையைக் கண்டு அளவு எண்ணவேண்டும். 9·6 மீட்டருக்குப் பதிலாக 10·4 மீட்டரைப் பார்ப்பதுபோல தவறான திசையில் எண்ணிவிடக் கூடாது.

5. எண்களைத் தவறாகப் படித்தல் : நாடாவில் 6ஐ 9 ஆகவோ 68ஐ, 89 ஆகவோ மாறிப்படித்தால் தவறு நேரலாம். 37·24 என்பதிற்குப் பதிலாக 37·42 என்றும் படித்துவிடலாம்.

6. எண்களைச் சரியாக ஒலிக்காமை : ஒருவர் அளவு பார்த்து அடுத்தவருக்குச் சொல்லும் போது, தவறாகக் கேட்டு எழுதிவிடல் சான்றாக. இருபது எட்டு (20·8) என்பதை இருபத்தி எட்டு (28·0) என எழுதி விடல்.

7. தவறான முழு எண்களை எடுத்துக் கொள்ளல் : மீட்டர் எண் சரியாகக் கவனிக்காமல், பின்னத்தைக் குறித்துக் கொள்ளல். 28·42 க்குப் பதிலாக 29·42 எனக் குறித்துக் கொள்ளல்.

8. தவறாக எழுதிக் கொள்ளல் : கை தவறுதலாக எண்களை மாற்றி எழுதிக் கொள்ளல். 352 என்பதற்கு 325 என்று எழுதி விடல்.

6, 7, 8 ஆம் தவறுகளை திருத்திக்கொள்ள, அளவு படிப்பவர் உரக்கப் படிக்கவேண்டும். எழுதிக்கொள்பவரும், ஒரு தடவை உரக்கச் சொல்லவேண்டும். அதில் தவறு இருந்தால் முன்னவர் சரி செய்வார்.

நாடாத் திருத்தங்கள் : துல்லியமான நீளத்திற்கு இரும்பு நாடாவைப் பயன்படுத்துமுன் அதன் அசல் நீளத்தை, வேறு ஒரு

நிலைவு செய்யப்பட்ட நீளத்துடன் ஒப்பிட்டுச் சரி பார்த்துக் கொள்வது நல்லது. தர நிலைவுக் கழகங்களிலும், அளக்கைத் துறைகளிலும் சிறு கட்டணம் பெற்றுக் கொண்டு இப்பணியைச் செய்து தருவர்.

ஒரு நாடாவின் பெயர் நீளம் என்பது அதன் மேல் பொறிக்கப் பட்ட நீளம் ஆகும். ஆனால் அதன் அசல் நீளம் (உண்மை நீளம்) அதே அளவு இருக்குமென்று சொல்ல முடியாது. ஒவ்வொரு நாடாவையும் சில குறிப்பிட்ட நிலைமைகளில், சூழ்நிலையில் நிலைவு செய்து பெயர் கொடுக்கிறார்கள். நாடாவை எல்லா இடத்திலும் மட்டமாக நிலத்தில் படிய வைத்து நிலைவு செய்வது ஒரு வகை. நாடாவைத் தொங்கவிட்டுத் நிலைவு செய்வது (catenary) இன்னொரு வகை. "இந்த வெப்ப நிலையில், இந்த இழுப்பில், இது இவ்வளவு நீளம்" என்று அந்த நாடா நிலைவு செய்யப் பட்ட வெப்பத்தையும் இழுப்பையும் குறிப்பிட்டுக் கூறுவது வழக்கம். அந்தச் சூழலில் மட்டும் தான் அந்த நாடாவின் அசல் நீளமும் பேர் நீளமும் ஒன்றாக இருக்கும்.

களத்தில் அளவு எடுக்கும் போது மேலே சொன்ன அதே சூழல்களும் நிலைமைகளும் இராதாகையால், அளக்கும் போது இருக்கும் சூழலுக்கும் நிலைமைக்கும் ஏற்ற வகையில் அளந்த நீளத்திற்குப் பின்கண்ட திருத்தங்களைச் செய்து கொள்வது நல்லது.

1. அசல் நீளத்திற்கான திருத்தம்.
2. வெப்பத்திற்கான திருத்தம்.
3. இழுப்பிற்கான திருத்தம்.
4. தொங்கலுக்கான திருத்தம்.
5. சாய்வு அல்லது செங்குத்திற்கான திருத்தம்.

1. அசல் நீளத்திற்கான திருத்தம்: ஒரு தூரத்தின் அசல் நீளம் = பேர் நீளம் $\pm$ திருத்தம் என்று சொல்வது பழக்கம்.

$$Ca = \frac{Lc}{l}$$

Ca = அசல் நீளத்திற்கான திருத்தம்.
L = அளந்த நீளம்.
l = நாடாவின் பெயர் நீளம்.
c = நாடாவுக்கான திருத்தம்.

திருத்தம் (Ca) கூட்டலா, கழித்தலா என்பது நாடாத்திருத் தத்தைப் (c) பொருத்தது. இரண்டும் ஒரே குறியுடையதாக

இருக்கும். அளந்த நீளம், நாடா நீளம், ஒரே அலகில் சொல்லப்பட வேண்டும். அதே போல இரு திருத்தங்களும் ஒரே அளவில் இருக்க வேண்டும்.

2. வெப்பத்திற்கான திருத்தம்: வெப்பத்திற்கேற்ப நாடாவின் நீளம் நீண்டோ, சுருங்கியோ இருக்குமாதலால், உண்மை நீளம் காண இத்திருத்தம் தேவை. அதற்கான வாய்ப்பாடு :

$$Ct = a(T_m - To)\ L.$$

இதில் Ct = வெப்பத் திருத்தம் மீட்டரில்.

a = வெப்ப விரிவுக் கெழு

T_m = அளவு எடுத்தபோது, சராசரி வெப்பநிலை.

To = நாடாவை நிலைவு செய்த தற்போதைய வெப்பநிலை.

L = அளந்த நீளம் மீட்டரில்.

To வை விட T_m அதிகமா, குறைவா என்பதைப் பொருத்து திருத்தம் கூட்டலா, கழித்தலா என்றமையும். இரும்பின் வெப்ப விரிவுக் கெழு ஒரு பாகை சென்டிகிரேடுக்கு 0·0000031 முதல் 0·0000039 வரை ; இன்வருக்கு ஒரு பாகை சென்டிகிரேடுக்கு 0·000000122க்கும் குறைவு. நாடாவின் வெப்ப விரிவுக்கெழு தெரியவில்லையானால் சராசரியாக 0·0000035 என்றுகொள்ளலாம். முதன்மையாக துல்லியமான அளவுகளுக்கு நாடாவின் சரியான வெப்ப விரிவுக் கெழுவை நிர்ணயித்து அறிந்துகொள்வது இன்றியமையாததாகும்.

3. இழுப்புக்கான திருத்தம் : நாடாவை நிலைவு செய்த போது உள்ள இழுப்புக்கும், அளக்கும் போதைய இழுப்புக்கும் வேறுபாடு இருக்குமாதலால் இத்திருத்தம் இன்றியமையாதது. அதற்கான வாய்ப்பாடு :

$$Cp = \frac{(P - Po)\ L}{AE}$$

Cp = இழுப்புக்கான திருத்தம்

P = அளக்கும் போதைய இழுப்பு (கிலோ கிராமில்)

Po = நாடா நிலைவு செய்தபோதைய இழுப்பு (கி கி)

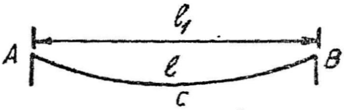
L = அளந்த நீளம்

A = நாடாவின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு

E = இரும்பின் விரிவு மாடுலஸ்.

இரும்புக்கு $E = 21 \times 10^5$ கிகி என்றும், இன்வருக்கு $15{\cdot}4 \times 10^5$ கிகி என்றும் எடுத்துக் கொள்ளலாம். துல்லியமான அளவுகளுக்கு Eயின் சரியான மதிப்பைக் கண்டுகொள்ள வேண்டும். P_0 யை விட P கூடுதலாக இருந்தால் நாடா நீளம் கூடும். அதனால் அளவு குறையும்; எனவே திருத்தம் கூட்டல் ஆகும்.

4. தொங்கலுக்கான திருத்தம்: ஒரு நாடாவை இரண்டு பக்கங்களிலும் உயரப் பிடித்துக் கொண்டால் அதன் தோரண வடிவத்தை தோராயமாக பேரபோலா எனக் கொள்கிறோம். இதில் திருத்தம் என்பது தோரணத்தில் வில் தூரத்திற்கும், அதற்கிடைப்பட்ட நாண் தூரத்திற்கும் உள்ள வேறுபாடு ஆகும். தொங்கலின் விளைவாக, நாடா நீளம் குறைந்து, மொத்த அளவில் அதிகம் காட்டுமாதலால், திருத்தம் எப்போதும் கழித்தல் ஆகும் (படம் 49). அதற்கான வாய்ப்பாடு :



தொங்கல்

படம் 49

$$C_s = \frac{l_1 (w l_1)^2}{24 P^2}$$

அதில் C_s = தொங்கலுக்கான திருத்தம்.

l_1 = இரு பிடிகளின் கிடைவெளி.

w = நாடாவின் எடை (மீட்டருக்குக் கிலோ கிராமில்).

P = இழுப்பு (கிலோ கிராமில்).

ஒரே நாடாவை n சம பாகங்களாகப் பிரித்துத் தொங்கவிட்டால் அதன் தொங்கல் திருத்தம்.

$$= C_s = \frac{n\, l_1\, (w l_1)^2}{24\, P^2} = \frac{l\, (w l_1)^2}{24\, P^2} = \frac{l\, (w l_1)^2}{24\, n^2\, P^2}$$

இதில் l = நாடாவின் நீளம்

$= n l_1$

அதனால் $l_1 = \frac{l}{n}$.

இயல்பான இழுப்பம் : நாடாவின் எடையால், தொங்கல் ஏற்பட்டு நீளம் குறைகிறது. இழுப்பால் நீண்டு நீளம் அதிகமாகிறது. தொங்கலின் குறைவுக்குச் சமமான நீட்சியைத் தரும் இழுப்பை இயல்பு இழுப்பம் (normal tension) எனலாம். இழுப்புக்கான திருத்தத்தையும், தொங்கலுக்கான திருத்தத்தையும் சமப்படுத்தி கணக்கிட்டால் இயல்பு இழுப்பத்திற்கான இழுப்பு தெரியும்.

$$\frac{(P_n^2 - P_0)\, l_1}{AE} = \frac{l_1\, (wl_1)^2}{24\, P_n^2}$$

அல்லது $(Pn^2 - Po)\, Pn^2 = \dfrac{w^2\, AE}{24}$

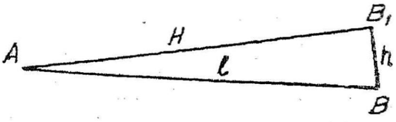
$$P_n = \frac{0{\cdot}204\, w\, \sqrt{AE}}{\sqrt{P_n - P_o}} \qquad ......(13)$$

இதில் P_n = இயல்பு இழுப்பத்திற்கான இழுப்பம்.

w = இருபிடி (supports)களுக்கும் இடையில் தொங்கும் சங்கிலி அல்லது நாடாவின் எடை.

P_n மதிப்பை களத்தில் இழுத்துப் பார்த்துக் கண்டு பிடிக்கலாம்.

5. சாய்வுக்கான திருத்தம்: இரண்டு புள்ளிகளும் ஒரே மட்டத்தில் இல்லாதபோது இந்தத் திருத்தம் தேவைப்படுகிறது (படம் 50).



படம் 50

$$\text{சாய்வுத் திருத்தம்} = l - \sqrt{l^2 - h^2}$$

$$= l - l\left(1 - \frac{h^2}{2l^2} - \frac{h^4}{8l^4} \cdots\cdots\right)$$

$$= \left(\frac{h^2}{2l} + \frac{h^4}{8l^3} + \cdots\cdots\right)$$

$$= \frac{h^2}{2l}$$

சாய்வு சீராக இல்லாமல் தொடர்ந்து இருக்கும்போது,

$l_1, l_2 \ldots\ldots$ = தொடர்ந்து உள்ள சாய்வுகளின் நீளங்கள்

$h_1, h_2 \ldots\ldots$ = தொடர்ந்து உள்ள சாய்வுகளின் உயர வேறுபாடு

$$\text{சாய்வுத் திருத்தம்} = C_g = \left(\frac{h_1^2}{2l_1} + \frac{h_2}{2l_2} + \cdots\cdots + \frac{h^2_n}{2l_n}\right)$$

சாய்வுகளின் நீளங்கள் சமமாக இருந்து உயரம் மட்டும் வேறுபட்டால்

$$C_g = \frac{1}{2l}\left(h_1^2 + h_2^2 + \cdots\cdots h^2_n\right) = \frac{\Sigma h^2}{2l}$$

இத்திருத்தம் எப்போதும் கழித்தல்தான். அளந்து கிடைத்த தூரத்திலிருந்து கழித்து சரியான அளவு பெறலாம்.

உயரம் தெரியாமல், சாய்வு-கோணம் தெரிந்தால் வாய்ப்பாடு:

$$\text{சாய்வுத் திருத்தம்} = l - l \cos\theta = 2l \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

$$= l \text{ versine } \theta$$

இதில் l = சாயின் நீளம்; θ = சாய்வுக் கோணம்.

எடுத்துக்காட்டு 1

ஓர் இரும்பு நாடா $18°C$ வெப்ப நிலையில் சரியாக 30மீட்டர் உள்ளது. அதில் அளந்த கோடு ஒன்றின் நீளம் 600மீட்டர். அளந்தபோது வெப்பநிலை $30°C$ அந்தக்கோட்டின் அசல் நீளம் காண்க. வெப்ப விரிவுக்கெழு $1°C$க்கு 0.0000035 என்று எடுத்துக் கொள்க.

நாடாவிற்கான வெப்பத் திருத்தம் $= C_t = \alpha (T_m - T_o)\, l$

$l = 30$மீ ; $T_o = 18°C$; $T_m = 30°C$.

$\alpha = 0{\cdot}0000035$

$C_t = 0{\cdot}0000035\ (30-18)\ 30$

$= 0{\cdot}00126$

எனவே $30°C$யில் நாடாவின் நீளம்

$= 30 + C_t = 30 + 0{\cdot}00126$

$= 30{\cdot}00126$

$$\text{கோட்டின் அசல் நீளம்} = \frac{L'}{L} \times \text{அளந்த நீளம்}$$

$$= \frac{30{\cdot}00126}{30} \times 600 = 600{\cdot}0252\text{மீ}$$

எடுத்துக்காட்டு 2

ஓர் இரும்பு நாடா $18°C$ வெப்பநிலையில் 10 கிலோ இழுப்பில் சரியாக 30 மீட்டர் காட்டும். $32°C$ வெப்ப நிலையில் 15 கிலோ இழுப்பில்; அந்த நாடாவைக் கொண்டு ஒரு கோட்டின் நீளம் அளக்கப்பட்டது. அளக்கையின் போது நாடாவைத் தரையில் படியவிட்டு அளவு எடுக்கப்பட்டது. அக்கோட்டின் அளந்த நீளம் 900மீ அசல் நீளம் காண்க.

வெப்பக்கெழு $1°C$ க்கு $0{\cdot}0000035$

விரிவும்மாடுலஸ் (Modulus of Elasticity) $= 2{\cdot}1 \times 10^6$ கி/செமீ²

(அ) வெப்பத்திருத்தம் $= C_t = \alpha \times (T_m - T_o)\, L$

$= 0{\cdot}0000035\ (32 - 18)\ 30$

$= 0{\cdot}00147$மீ

(ஆ) நாடாவை நிலத்தில் படியவிட்டு அளந்திருப்பதால் தொங்கலுக்கான திருத்தம் $= 0$

(இ) இழுப்பிற்கான திருத்தம் $= \dfrac{(P_m - P_o)L}{AE}$

$$= \frac{(15 - 10)\ 30}{0{\cdot}02 \times 2.1 \times 10^6}$$

$= 0{\cdot}00357$ மீ (கூட்டல்)

கூட்டுத்திருத்தம் $= 0{\cdot}00147 + 0{\cdot}00357$

$= 0{\cdot}00504$

நாடாவின் அசல் நீளம் $= 30 + 0{\cdot}00504$

$= 30{\cdot}00504$

கோட்டின் அசல் நீளம் $= \dfrac{30{\cdot}00504}{30} \times 900$

$= 900.1512$ மீ

எடுத்துக்காட்டு 3

ஒரு 30மீ இரும்பு நாடா இரண்டு பக்கமும் இழுத்துப் பிடித்துத்தரையில் படாமல் அளக்கப்பட்டது. ஒரு முனையோடு இணைந்திருந்த வில்தராசு. 12 கிகி காட்டியது, நாடாவின் எடை 12 கிலோகிராம். இரு முனைகளுக்கு இடையில் உள்ள அசல் நீளம் காண்க.

தொங்கலுக்கான திருத்தம் $= C_s = \dfrac{l_1\ w^2}{24P^2}$

$$= \frac{30\ (1-2)^2}{24\ (12)^2} = 0.0125$$

இத்திருத்தம் கழித்தல்

நாடாவின் அசல் நீளம் $= l - C_s$

$= 30 - 0{\cdot}0125$

$= 29{\cdot}9875$ மீ

எடுத்துக்காட்டு 4

ஒரு சாய்தளத்தில் அளந்தபோது 30 மீ நாடாவின் மறுமுனை 90 செமீ தாழ்ந்து இருந்தது. கிடை நீளம் (அசல் நீளம்) காண்க.

சாய்வுக்கான திருத்தம் $= C_h = \dfrac{h^2}{2l}$

$$h = 0{\cdot}9 \text{ மீ} \qquad l = 30 \text{ மீ}$$

$$C_h = \frac{(0{\cdot}9)^2}{2 \times 30} = 0{\cdot}0135$$

அசல் நீளம் $= 30 - 0{\cdot}0135$

$= 29{\cdot}9865$ மீ

எடுத்துக்காட்டு 5

ஒரு 100 அடி நாடாவினால் அளந்த போது, அதன் மறுமுனை நேர்க்கோட்டிலிருந்து 2 அடி தள்ளி இருந்தது. அக்கோட்டின் அசல் நீளம் காண்க.

நேரமைக்கான திருத்தம் $= \dfrac{d^2}{2l}$ (கழித்தல்)

$d = 2$ அடி ; $l = 100$ அடி

$$C_A = \frac{d^2}{2l} = \frac{2^2}{2 \times 100} = 0.02 \text{ அடி}$$

அசல் நீளம் $= l - C_A = 100 - 0.02$

$= 99{\cdot}98$ அடி

3. சங்கிலி அளக்கை

சங்கிலி அல்லது நீட்டல் அளக்கை என்பது, அளக்கை முறையில் கோணங்கள் இல்லாமல், வெறும் நீட்டலளவுகளை மட்டும் அளந்து, ஒரு நிலத்தின் பரப்பு முதலிய பண்புகளை அறியப் பயன்படுவதாகும். பெரிய பரப்பளவுகளில் இம்முறை பயன்படா விடினும், சிறிய பரப்புகளிலும், எடுக்கவேண்டிய விவரங்கள் குறைந்த இடத்திலும், ஓரளவு சமதரையிலும் இம்முறை சிறந்ததாகும். அளக்கை முறைகளுக்கெல்லாம் இது தொடக்கம் ஆகும்.

அளக்கையின் தேவை

(1) ஒரு துண்டு நிலத்தின் பரப்பளவு காண ;

(2) அதன் சரியான எல்லைகள் பற்றிய விவரம் அறிய;

(3) ஏற்கனவே அளந்த நீளத்தின் எல்லைகளை மீண்டும் கண்டறிய;

(4) அந்நிலத்தின் கிடைப்படம் வரைய.

(5) ஒரு துண்டு நிலத்தைப் பல பாகங்களாகப் பிரிக்க அளக்கை செய்கிறோம்.

நில அளக்கையை இரண்டு வகையாகப் பிரிக்கலாம். (1) முக்கோணமாக்கம். (2) நடக்கை.

முக்கோணமாக்கம் மிக எளிய முறை ஆகும். வடிவங்களில் முக்கோணமே மிக எளிய உருவம். கோணங்கள் எதுவும் இல்லாமல், மூன்று பக்கங்களை மட்டும் அறிந்து கொண்டால் வரைந்துவிடக் கூடியது. பல எளிய முக்கோணங்கள் கொண்ட வலை அமைப்பில் ஒரு நிலப் பரப்பு முழுவதையும் அளக்க முடியும். கோணம் தேவையின்றி நீளம் மட்டும் போதுமாதலால் சங்கிலி அல்லது நீட்டல் அளக்கைக்கு முக்கோணமாக்கம் சிறப்பாகப் பயன்படுகிறது.

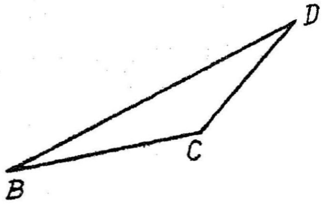
முக்கோணமாக்கம் (Triangulation) பயன்படும் இன்னொரு இடம் புவிப் பகுப்பு அளக்கை (Geodesy or Geodetic Survey) ஆகும். பெரும் பரப்புகளை அளக்கை செய்ய, இம்முறை பயன்படுகிறது. இங்கு முக்கோணங்களின் பக்கங்களின் நீளத்தை அளக்காமல், உட்கோணங்களை மட்டும் தியோடலைட் போன்ற கருவிகளால் மிகத் துல்லியமாக அளந்து கொள்கிறோம். எல்லா முக்கோணங்களுக்கும் சேர்த்து, ஒரே ஒரு அடிப்படைக் கோட்டை அந்த முக்கோண வலையில் சேர்த்துக் கொண்டு, அதன் நீளத்தை மட்டும் மிகமிகத் துல்லியமாக அளந்து கொள்கிறோம். இந்த ஒரு நீளத்தை வைத்துக் கொண்டே, உட்கோணங்களின் உதவியால் பிற முக்கோணங்களின் பக்க நீளங்களைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளலாம். இந்தியப் பெருநாட்டை இதுபோல பல முக்கோணங்களால் அளந்து முடிக்கப் பெற்றுள்ளது. அதை இந்திய முக்கோணப் பேரளக்கை (The Great Trigonometrical Survey of India) என்று அழைப்பர். Triangulation (முக்கோணமாக்கம்) என்று அடைமொழி ஏதுமின்றி அழைத்தால், அது பெரும்பாலும் தியோடலைட்டால் அமைக்கப்படும் முக்கோணமாக்கத்தையே சுட்டும்.

நீட்டல் அளக்கை (Chain Surveying) : நீட்டல் அளக்கையின் அடிப்படை முக்கோணமாக்கம் என்று மேலே கூறப்பட்டது. பல முக்கோணங்கள் கொண்ட தொகுப்பு அமைத்து, ஒரு பரப்பு முழுவதும் அளக்கப்படுகிறது. நிலத்தின் அமைப்பு, அங்குள்ள தடைகள், தேவைப்படும் குறிப்புகள் போன்றவைகளை ஒட்டி முக்கொணங்களின் தன்மையும், பெருமை, சிறுமையும் அமையும்.

முக்கோணத்தில் மூன்று நீளங்கள் உள்ளன. அவை கிட்டத்தட்ட சமமாக இருந்தால் அவைகளில் ஏற்படும் பிழைகளும் சமமாகப் பிரிந்து இருக்கும். அதன் கோணங்கள் 60° சுமாருக்கு இருக்கும். எனவே அளக்கையில் வரும் முக்கோணங்களைக் கிட்டத்தட்ட சமச்சீர் முக்கோணங்களாக அமைத்தல் நல்லது. ஒரு புள்ளியைக்காண இரண்டு வில்கள் 90 பாகையில் வெட்டிக்கொள்ளும் போது, அதன் ஆரங்களால் ஏற்படும் இடமாற்றப் பிழைகள் மிகவும் குறைவு. முக்கோணத்தில் விரிகோணம் கொண்டதாக அமைந்து விட்டால், வரையும்போது ஏற்படும் உரு மாற்றத்தால் பிழைகள் மிகுந்து விடும். எனவே அளக்கையில் அமையும் கோணங்கள் 30 பாகைக்கு குறையாமலும் 120 பாகைக்கு மிகாமலும் இருத்தல் நல்லது. இவ்வகை முக்கோணத்தை நல்லுரு (well shaped) முக்கோணம் எனலாம். வேறு

வழியின்றி விரிகோணம் 120 பாகைக்குமேல் இருந்துவிட்டால், (படம் 51) அளக்கும்போதே அதிகக் கவனம் செலுத்தவேண்டியது இன்றியமையாததாகும்.

அளக்கை நிலையம் : ஒரு நீளத்தின் முதலிலும், முடிவிலும் இருப்பவை அளக்கை நிலையங்கள் எனப்படும். அவற்றை முதன்மை நிலையங்கள் என்றும் துணை நிலையங்கள் என்றும் சொல்லலாம். முதன்மை நிலையங்களை இணைப்பவை முதன்மைக் கோடுகள் என்றும் துணை நிலையங்களை இணைப்பவை துணைக் கோடுகள் என்றும் அழைக்கப்படும். முதன்மை நிலையங்கள் பெரும்பாலும் அளக்கும் நிலத்தின் சுற்று எல்லை முழுவதும் இருக்குமாறு அமைக்க வேண்டும். துணை நிலையங்கள் தேவையைப் பொருத்து ஆங்காங்கு அமைத்துக் கொண்டு, அத்துணைக் கோடுகளிலிருந்து குத்தான்கள் (offsets) மூலமாக வேலிகள், கட்டிட முனைகள் போன்ற பல இடங்களையும் அளந்து குறிக்கலாம். நிலையங்களை வட்டத்திற்குள் உள்ள புள்ளியால் குறித்து (·) $ABCD$ என்று எழுத்தாலோ, 1, 2, 3 என்று எண்ணாலோ பெயரிடலாம். அளக்க வேண்டிய பரப்பு முழுவதும் பரந்துள்ள பல கோணங்களின் தொகுப்பை அளக்கை வலை அல்லது அளக்கைச் சட்டகம் எனலாம்.



படம் 51

நிலையங்களைத் தேர்ந்தெடுத்தல் (படம் 52) : இதில் கவனிக்க வேண்டியவை.

(1) முதன்மை நிலையங்கள் ஒன்றிற்கொன்று தெரியும் வண்ணம் இருக்க வேண்டும்.

(2) அளக்கையின் தலையாய கொள்கையான "பேரெல்லை கண்டு சிற்றெல்லை காணல்"க் கட்டாயம் பின்பற்ற வேண்டும்.

(3) அளக்கைக் கோடுகள் குறைவாகவும், படத்தில் குறிக்கப் போதுமானதாகவும் இருக்கவேண்டும்.

(4) ஒரு நீளக் கோட்டை, அளக்கும் பரப்பின் முழு நீளத்திற்கும், நடுவில், முடிந்தால் சமதரையில் அமைப்பது நல்லது. இதையே அளக்கைச் சட்டகத்தின் அடிப்படைக் கோடாக அமைத்துக்கொண்டு, அதிலிருந்து முக்கோணங்களைப் பின்னலாம்.

(5) நல்லுரு முக்கோணங்களாக அமைய வேண்டும்.

(6) ஒவ்வொரு முக்கோணத்திற்கும் ஓர் உறுதிக் கோடு (check line) இருக்க வேண்டும்.

(7) நிலத்திலுள்ள விவரங்களைக் குறிக்க நிறைய இணைப்புக் கோடுகள் (tie lines) அமைத்து, அவற்றிலிருந்து குத்தான்கள் (offsets) மூலம் விவரங்களைக் குறிக்கலாம். நீளமான குத்தான்கள் எடுக்கவேண்டிய தேவையை குறைத்துக்கொள்ள வேண்டும்.

(8) முடிந்த அளவு அளக்கை நிலையங்களைத் தடையின்றிப் பார்க்கும் வண்ணமும், கிடத்தி அளக்கத் தடையில்லாத வகையிலும், நிலையங்களைத் தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும்.

(9) முடிந்த அளவு அளக்கைக் கோடுகளைச் சமதரையில் அமைக்க வேண்டும்.

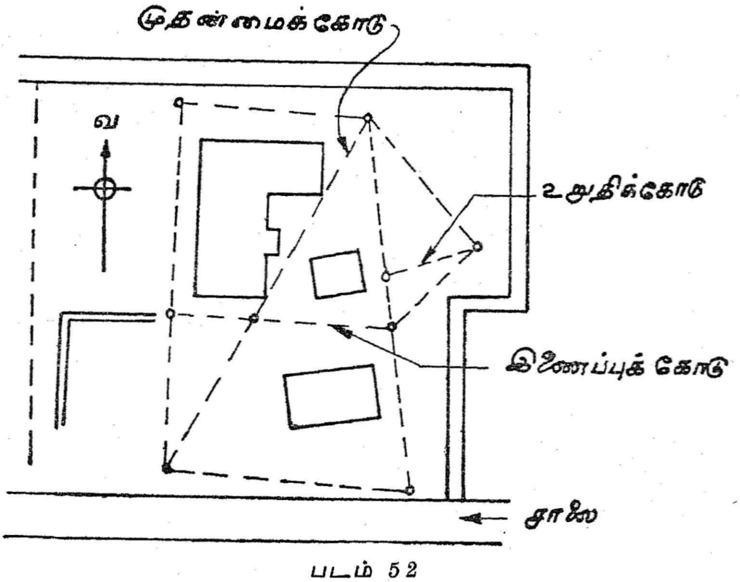
(10) அளக்கைக் கோடுகள், சாலைகள், கட்டிடங்கள், எல்லைகள் போன்றவற்றிற்கு நெருக்கமாகவும், இணையாகவும் இருந்தால் நல்லது. இதனால் குத்தூரங்கள் சிறியதாக அமையும். போக்குவரத்து உள்ள சாலைகளில் ஓர் ஓரமாக அமைத்துக் கொண்டால் இடைஞ்சல் குறையும்.

அடிப்படைக் கோடு (Base Line): அளக்கையில் மிக நீளமான கோடு அடிப்படைக் கோடாகக் கருதப்படுகிறது. இதுவே தலைமை தகுதியுடைய கோடாகும். மற்ற அளக்கைக் கோடுகளின் திசை இதிலிருந்தே நிர்ணயிக்கப்படுவதாலும், மொத்த வலையும் இதிலிருந்தே பின்னப்படுகிறது. கிட்டத்தட்ட சமதளத்தில் நேராக இதை அமைக்க வேண்டும். கவனமாக அளக்க வேண்டும். இதன் முதன்மை கருதி இரண்டு, அல்லது மூன்று தடவை அளந்துகொள்வது நல்லது. வாய்ப்பு இருந்தால் இரண்டு அடிப்படைக் கோடுகளைப் பெருக்கல் அல்லது கூட்டல் குறி வடிவில் அமைத்துக் கொள்ளலாம். கோடுகள் விலக, விலக இக்கோணங்களின் துல்லியம் குறைந்துகொண்டே போகுமாதலால், அடிப்படைக்கோடு மையத்தில் இருப்பது இன்றியமையாததாகும். புவிப் பகுப்பளக்கைகளில், ஒரு கோடு மட்டும் அளக்கப்படும். அங்கு அதுவே அடிப்படைக் கோடு என்று அழைக்கப்படும்.

உறுதிக் கோடு (Check Line): இது ஒரு முக்கோணத்தின் ஒரு முனையிலிருந்து அதன் எதிர்ப்பக்கத்தில் ஒரு வசதியான புள்ளியை இணைக்கும் கோடு (*Ed*) அல்லது ஒரு பக்கத்திலுள்ள புள்ளி

ஒன்றிலிருந்து ஏதாவதொரு அடுத்த பக்கத்தில் உள்ள புள்ளியை இணைக்கும் கோடு ஆகும். முக்கோண வலையின் துல்லியத்தை உறுதி செய்ய இக்கோடு பயன்படுகிறது. நிலத்து அளவு, கிடைப்படத்து அளவுடன் பொருந்திவர வேண்டுமாதலால், இது நிலத்தளவையும், பட அளவையும் உறுதி செய்ய உதவுகிறது.

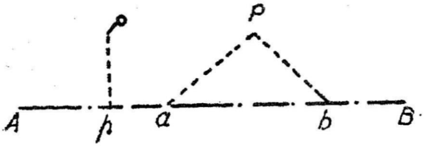
இணைப்புக் கோடு (Tie Line): முதன்மை அளக்கைக் கோடுகளின் ஏதாவது இரு புள்ளிகளை இணைக்கும் கோடு இணைப்புக் கோடு எனப்படுகிறது. இப்புள்ளிகளை இணைப்பு நிலையங்கள் எனலாம். முக்கோணங்களின் அளவுகளை உறுதி செய்வதற்கும், பிற விவரங்களைக் குறிப்பதற்கான அளக்கைக் கோடாகவும் இது பயன்படுகிறது.



படம் 52

குத்தான் (Offset): எல்லைகள், கட்டிடங்கள், வேலிகள், சாலைகள், ஓடைகள் போன்ற விவரங்களை, அளக்கைக் கோடுகளிலிருந்து இருபக்கமும் எடுக்கப்படும் குறுக்குத் தூரங்களிலிருந்து குறிக்கலாம். அத்தகைய குறுக்குத் தூரங்கள் குத்தான் எனப்படுகின்றன. குத்தான் என்றாலே எப்போதும் அளக்கைக் கோட்டிற்குச் செங்குத்தாக அளப்பதுதான். அதை செங்குத்தான் என்றும் சொல்வதுண்டு. சில சமயம், ஒரு செங்குத்துக் கோட்டால் நிர்ணயிக்கும் புள்ளியை, இரு சாய்வுக் கோடுகளாலும்

நிர்ணயிக்கலாம். இதுபோல செங்குத்தாக இல்லாதவைகளை சாய்வுக் குத்தான் அல்லது இணைப்புக் கோட்டுக் குத்தான் என அழைக்கலாம். படம் 53ல் pP என்பது செங்குத்துக் குத்தான் என்றும் aP. bp ஆகியவற்றைச் சாய்வுக் குத்தான் என்றும் சொல்கிறோம்.

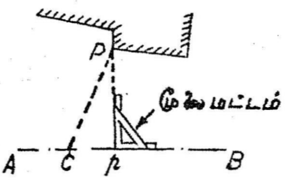


படம் 53

குத்தான்களை பொன்ம இழை நாடாவால் அளந்து கொள்ளலாம். துல்லியமான அளவு தேவையான இடத்தில் இரும்பு நாடாவால் அளக்கலாம். குத்தான் சிறியதாக இருந்தால் நேர்காண் கம்பாலேயே அளந்து கொள்ளலாம்.

ஒவ்வொரு குத்தூரத்திற்கு இரண்டு அளவுகள் தேவை, ஒன்று சங்கிலிக் கோட்டில், அல்லது அளக்கைக் கோட்டில் எங்கே இருக்கிறது (Ap) என்பது இதை நீளப்பாடு (Chainage) என்பர். சங்கிலிக் கோட்டிலிருந்து செங்குத்தாக எவ்வளவு தொலைவில் இருக்கிறது (hb) என்பது இரண்டாவது. இதையே குத்தான் என்கிறோம். இவற்றை அவ்வப்போதே களக்குறிப் பேட்டில் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். இந்த முறையை குத்தான் எடுத்தல் என்கிறோம்.

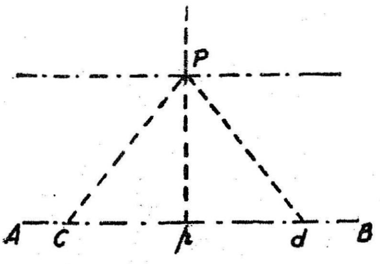
குத்தான்கள் 15 மீக்குக் குறைந்திருந்தால் குட்டை என்றும் மிகுந்திருந்தால் நெட்டை என்றும் சொல்கிறோம். குட்டைக் குத்தான்களைக் கண் மதிப்பிலேயே செங்குத்தாக உள்ளதா என அறியலாம். நெட்டைக் குத்தான்களை, கொத்தனாரின் மர மூலைமட்டத்தைப் (படம் 54) பயன்படுத்திக் கண்டறியலாம். குத்தான் மிகவும் நீளமாக இருந்தாலும், மிக முக்கியமாக இருந்தாலும், அதன் செங்குத்துத் தன்மையை அறிய குறுக்குக் கம்பம் (cross staff) செங்கோணளவி (optical square), அல்லது கடற்கோணமானி (sextant) கொண்டு அறியலாம்.



படம் 54

நெட்டைக் குத்தான்களைவிடக் குட்டைக் குத்தான்களில் சரியில்லாத தவறான திசை போன்றவற்றால் ஏற்படும் பிழைகள் குறைவு.

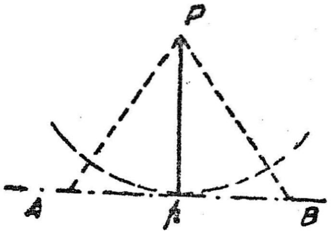
சாய்வுக் குத்தான்: கட்டிடங்களின் முனைகள், நில எல்லைகள் போன்ற முக்கியமான பொருள்களைக் குறிக்கும் போதும், அவை நெடுந்தூரத்தில் இருக்கும் போதும், சாய்வுக் குத்தான்கள் எடுக்க வேண்டும். செங்குத்துக் குத்தான்களை உறுதி செய்யவும் அவை பயன்படுகின்றன.



படம் 55

55ஆம் படத்தில் pP என்ற செங்குத்துக் குத்தான் CP, dP போன்ற சாய்வுக் குத்துரங்களால் உறுதி செய்யப்படுகிறது. அதில் PCd முக்கோணத்தை நல்லுரு முக்கோணமாக அமைத்துக் கொள்ளல் வேண்டும்.

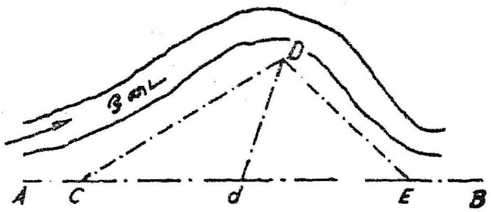
குத்தான் எடுத்தல்(படம் 56): P புள்ளியில் குத்தான் எடுக்க வேண்டியிருந்தால் இழுப்பர் P யில் நாடாவின் சுழி முனையை வைத்துப் பிடித்துக் கொள்வார். தொடர்வர் நாடாப் பெட்டியை இடக்கையில் பிடித்துக்கொண்டு, நாடாவை அளக்கைக் கோட்டிற்கு நேராக இருபுறமும் ஆட்டி, நாடாவில் மிகக் குறைந்த நீளம் அளக்கைக் கோட்டை வெட்டுமிடம் (p) கண்டுபிடிக்கிறார். அதுவே p B கோட்டின் பாதம் ஆகும். அந்தப் புள்ளியில் ஒரு அம்பைக் குத்தி, Ap, pP ஆகியவற்றின் அளவுகளைச் சொல்கிறார். அளக்கையாளர் இதைச் சரிபார்த்து தன் களக்குறிப்பேட்டில் குறித்துக் கொள்கிறார்.



படம் 56

நெட்டைக் குத்தான்கள்: துல்லியமான அளவு தேவைப்படும் போது நெட்டைக் குத்தான்களைத் தவிர்க்க வேண்டும். முதன்மைச் சங்கிலிக் கோடுகளை அமைக்கும்போது திட்டமிட்டு அமைப்பதாலும், தேவைப்பட்டால் துணைக்கோடுகளை அமைப்பதாலும், (படம் 57) அவற்றைத் தவிர்க்கலாம். எல்லைக்கோடு, சாலை, ஓடைகளில் பெரிய வளைவுகள் இருந்தால் துணை முக்கோணங்கள் அமைத்துக் (படம் 53) குத்தான் எடுக்கலாம். DCE முக்கோணம் நல்லுரு முக்கோணமாகவும், CD, DE கோடுகள் ஓடைக்கு மிக நெருக்கமாகவும் இருப்பது நல்லது. Dd போன்ற உறுதிக் கோடும் அமைத்துக் கொள்ளலாம். ஒரு கூடுதல் முக்கோணம் அமைத்து,

அதன் மூலம் பல குட்டைக் குத்தான்கள் எடுப்பது, சில நெட்டைக் குத்தான்கள் எடுப்பதைவிட எளிது.



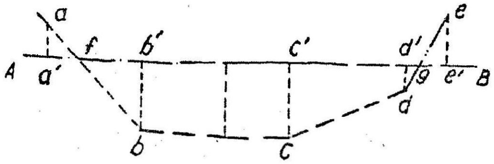
படம் 57

குத்தான்களின் எண்ணிக்கை: குத்தான்கள் சங்கிலியின் நீளப்பாட்டின் (chainage)ப் படி இருக்க வேண்டும். எல்லாப் புள்ளிகளுக்கும் குத்தான் எடுப்பதில் கவனமாக இருப்பது நல்லது. பொருள்களைத் தெளிவாகவும், துல்லியமாகவும் குறிப்பதற்கு வேண்டிய அளவு குத்தான்களை எடுத்தால் போதும். இருந்தாலும், குறைவாக எடுத்துவிட்டுப் போதாமல் தடுமாறுவதைவிட, கூட எடுத்துக்கொள்வது நல்லது. வரைவளவு மிகச் சிறியதாக இருந்துவிட்டால், அதிகமான குத்தான்கள் மிகவும் நெருக்கமாக அமைந்துவிடும்.

காடுகள், கடற்கரை போன்று வரையறையில்லா எல்லைகளுக்கு குறைந்த குத்தான்கள் போதுமானவை. எல்லை திசை மாறும் புள்ளிகளிலெல்லாம் குத்தான் எடுக்க வேண்டும்.

(1) வட்டமான பொருளாக இருந்தால், அதன் மையத்தின் குத்தான் எடுத்துக்கொண்டு, அதன் ஆரத்தை அளந்து கொண்டால் போதும்.

(2) எண் கோணமாகவோ, அறுகோணமாகவோ இருந்தால், அளக்கைக் கோட்டிற்கு அருகில் உள்ள ஒரு பக்கத்தின் இரு புள்ளிகளின் குத்தான்கள் எடுத்துக்கொள்வதோடு, அதன் நீளத்தையும் அளந்து கொள்ளலாம்.



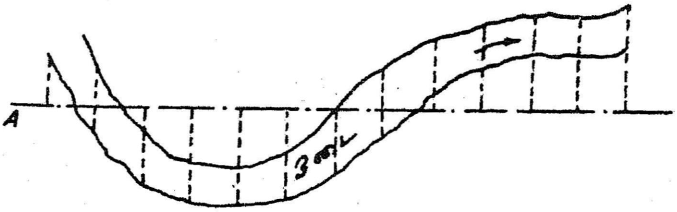
படம் 58

(3) எல்லை ஒன்று நேர்கோடாக இருந்தால் அதன் இரு முனைகளின் குத்தான்களை எடுத்துக்கொண்டால் போதும். இருந்

தாலும் உறுதிப்பாட்டிற்காகக் கூடுதலாக சில குத்தான்களை அளந்து கொள்ளலாம்.

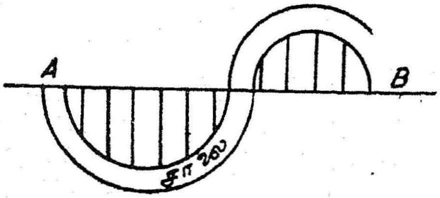
(4) எல்லைக்கோடு திசைமாறும் போதெல்லாம் குத்தான் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும் (படம் 58).

(5) எல்லை ஒழுங்கற்ற இடங்களில், அதை இயன்ற அளவு நேர்க்கோடுகளாகப் பகுத்துக்கொண்டு, அப் புள்ளிகளுக்கு குத்தான் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும் (படம் 59).



படம் 59

(6) இரும்புப் பாதைகள் போன்ற முறையான வளைவு களுக்கு அளக்கைக் கோட்டில் சம இடைவெளிகளில் குத்தான் எடுத்துக் கொள்ளலாம். சாலைகள், நடைபாதை போன்றவற்றில் வளைவு திரும்வரை குத்தான்கள் எடுக்க வேண்டும் (படம் 60).

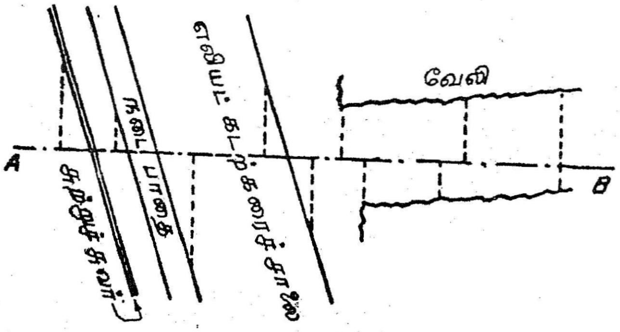


படம் 60

(7) வேலிகள், சாலைகள், எல்லைக்கோடு போன்றவற்றை அளக்கைக் கோடு கடக்கும்போது, வெட்டும் புள்ளி அளவைக் (நீளப்பாடு) குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். அவைகளின் திசைகளை அறிய, வெட்டுப் புள்ளியின் இரு பக்கங்களிலிருந்தும் குத்தான்கள் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும் (படம் 61).

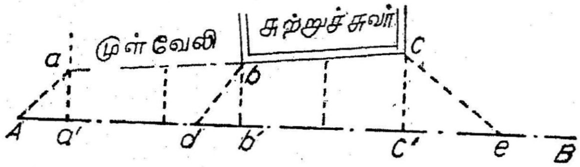
(8) வாயில் தூண்களைக் குறிக்ச, இரண்டு தூண்களுக்கும் குத்தான் எடுக்க வேண்டும். தூண்களின் அளவுகளையும் அளக்க வேண்டும். எல்லைச் சுவரின் அகலத்தையும் அளந்துகொள்ள வேண்டும்.

மூலைகள், வெட்டுப் புள்ளிகள் போன்றவற்றைக் குறித்தல்: இரண்டு எல்லைக்கோடுகள் வெட்டும் புள்ளிகள், மூலைகள்



படம் 61

போன்றவை மிக முக்கியமான புள்ளிகளாதலால், வழக்கமான செங்குத்தாஞேடு கூடுதலாக ஓர் உறுதி இணைப்புக்கோடு (check tie) அளந்துகொள்ள வேண்டும். படம் 62 இல் வேலியின்



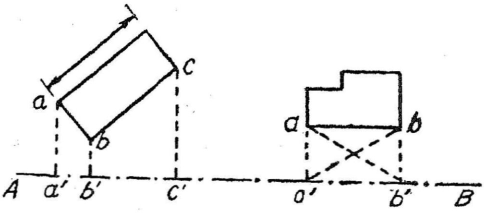
படம் 62

மூலை aயைக் குறிக்க aa' என்ற குத்தானுடன் Aa என்ற உறுதி இணைப்புக் கோடும் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. வெட்டுப் புள்ளி b யைக் குறிக்க $b\,b'$ உடன் $d\,b$ யும் அளந்து கொள்ளப் படுகிறது. அல்லது $b\,b'$ என்ற செங்குத்தாஞேடு, இன்னும் இரண்டு சாய்வுக் குத்தான்களும் எடுத்துக் கொள்ளலாம் (படம் 55).

கட்டிடங்களைக் குறித்தல்

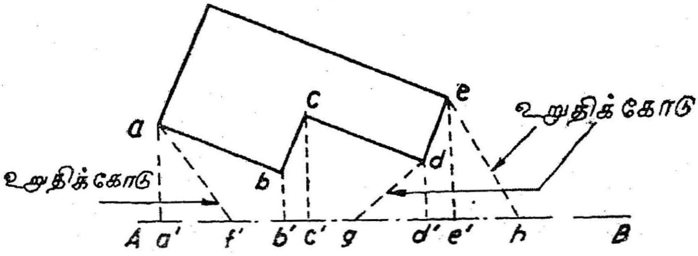
(1) கட்டிடங்களைக் குறிக்க அதன் மூலைகளின் குத்தான்களை, உறுதி இணைப்புக் கோட்டுடன் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். அதன் மூலை செங்கோணங்களாக உள்ளது அறிந்து உறுதி செய்யலாம். அதோடு கட்டிடத்தின் எல்லா நீள, அகலங்களையும் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். வரை படத்தில் குறிக்கும் போது, மூலைப் புள்ளிகளைக் குறித்தபின், கட்டிடத்தின் அமைவை அதன் நீள, அகல அளவுகள் கொண்டு, அப்படியே வரைந்து விடலாம். கட்டிடம் பெரியதாக இருந்தால் அதன் கிடைப்

படத்தைத் தனியாக அளந்து வைத்துக்கொள்ள வேண்டும். (படம் 63*a*, 63*b*).



படம் 63*a* 63*b*

(2) கட்டிடங்கள் அளக்கைக் கோட்டிற்கு இணையாக இருந்தால், இரண்டு புள்ளிகளுக்கும் குத்தான்கள் எடுப்பதோடு, மூலை விட்டங்களையும் அளந்து சரியாகக் குறித்துக் கொள்ளலாம். அத்தோடு கட்டிடத்தின் நீள அகலங்களை அளந்து கொண்டு எளிதாக வரைந்து விடலாம். படத்தில் *a a'*, *b b'* எடுப்பதோடு *a' b*, *b' a* போன்ற மூலைவிட்டத்தையும் எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

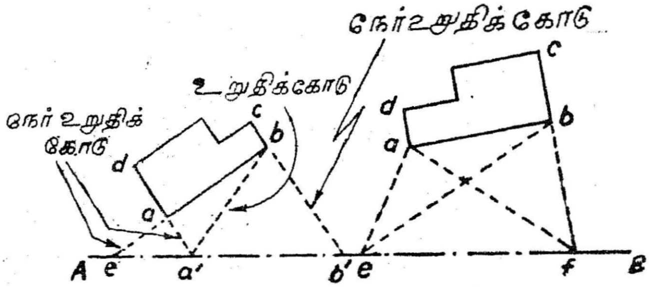


படம் 64

(3) கட்டிடம் கோட்டிற்கு அருகிலும், கோட்டிற்குச் சற்றே சாய்வாகவும் இருந்தால், அதன் மூலைகளை குத்தான்களாலும், உறுதி இணைப்புக் கோட்டாலும் அளந்து குறித்துக் கொள்ளலாம். *a a'* என்ற குத்தானோடு *a f* என்ற உறுதி இணைப்பையும் எடுத்துக் கொள்கிறோம் (படம் 64).

(4) கட்டிடம், அதிகமாக சாய்ந்திருந்தால், உறுதி இணைப்புக் கோடுகளோடு, கட்டிடத்தின் பக்கத்தை நேர்க்கோட்டால் நீட்டினால், அது சங்கிலியை எங்கு வெட்டுமோ அதையும், அந்த நீள் கோட்டின் நீளத்தையும் அளந்து கொள்ளலாம், இந்த நீள் கோடு நேர் இணைப்புக் கோடு (range tie) எனப்படும். படத்தில் (65*a*) *a e*, *a a'*, *b b'* ஆகியவை நேர் இணைப்புக் கோடுகளாகும்.

(5) கட்டிடம், சங்கிலியிலிருந்து சேய்மையில் இருந்தால், சற்றே நீளமான சாய்வுக் குத்தான்களால் மூலைகளைக் குறிக்கலாம். மூலை aயை ea, fa என்ற இரு சாய்வுக் குத்தான்களால் குறிக்கலாம் (படம் 65b).



படம் 65 a & b

துல்லியத்தின் அளவு : நீட்டல் அளவுகளின் துல்லியம் (1) வரையும் வரைவளவு, (2) குத்தான் நீளம், (3) எந்தப் பொருளைக் குறிக்கிறோம் என்ற தகவல் ஆகியவற்றைப் பொருத்திருக்கும். பின்னால் வரையப்போகும் படத்தின் வரைவளவை முதலிலேயே முடிவு செய்துகொள்ளலாம். அதில் தெளிவாகக் கவனித்து அறியக் கூடிய மிகச் சிறிய நீளம் 0·25 மிமீ என எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

மாதிரி 1: வரைவளவு 40 மீட்டருக்கு ஒரு செமீ ஆக இருந்தால்

தாளில் 1 செமீ = (தரையில்) 4000 செமீ

தாளில் 0·25 மிமீ = (தரையில்) 10 செமீ

எனவே நிலத்தில் குத்தான்கள் 10 செமீ சுத்தமாக (அரைத் துண்டு) அளக்கப்பட வேண்டும்.

மாதிரி 2 : வரைவளவு 80மீ = 1 செமீ ஆக இருந்தால் குத்தான்கள் ஒரு துண்டு (20 செமீ) அளவு துல்லியமாக இருந்தால் போதும்.

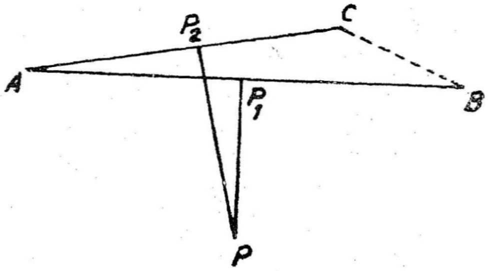
பெரிய வரைவளவு உள்ள பழைய படம் ஒன்றில் இத் தகவல்களைப் பின்னர் குறிக்கவேண்டிய நிலைபோல இருந்தால், சற்றே அதிகமான துல்லியத்தோடு எடுத்துவிடுவது நல்லது.

பெரிய வரைவளவில் குத்தான்கள் செங்குத்தாக அமையாவிட்டால், நீளமான குத்தான்களால் அதிகப் பிழை ஏற்படும். (அதனால் படத்தின் வரைவளவு பெரிதாக இருந்தால், குறைந்த நீளங்கள் கொண்ட குத்தான்கள் அதிகம் வேண்டும்.)

மாறுக வரைவளவு சிறியதாக இருந்தால் குத்தான்கள் செங்குத்தாக இல்லாததால் ஏற்படும் பிழைகள் தள்ளத்தக்கன. குறைவான எண்ணிக்கை கொண்ட நீளமான குத்தான்கள் அதிகமாக எடுக்கலாம்.

கோடுகள் நேராக இல்லாததால் ஏற்படும் பிழைகள் : இரண்டு புள்ளிகளுக்கிடையே நேர்க்கோடாக அமையாவிட்டால் நீளம் அதிகமாகிவிடும். இதனால் நீளத்தில் ஏற்படும் பிழை மிகவும் குறைவுதான். சங்கிலி நேர்க்கோட்டிலிருந்து d மீ தள்ளி இருப்பதாக வைத்துக்கொண்டால், நீளப்பிழை $= \dfrac{d^2}{40}$ மீ ஆகும்.

அதனால் நீளம் மட்டும் தேவைப்படும் இடத்தில் இப்பிழையைப் பற்றித் தவறேதுமில்லை. ஆனால் இதிலிருந்து வரையப்படும் குத்தான் சரியான திசையில் செல்லாமல், திசை மாறிவிடும். குத்தானின் நீளம் அதிகமாக இருந்தால் பிழையும் அதிகமாகிவிடும். நிலப்படமே உருமாற்றமடைந்துவிடும். இதனால் குறைந்த



படம் 66

நீளமுடைய குத்தான்களின் நன்மை வெள்ளிடைமலை (படம் 66 காண்க). A, B நிலையங்களை A, B நேர்க்கோடு இணைக்கின்றது. A, B நிலையங்களுக்கிடையே மிகக் குறைந்த நீளமுள்ள கோடு இதுதான்; ACB போன்ற வேறு எந்தக் கோடும் இதைவிட நீளமானதாகத்தான் இருக்கமுடியும். இங்கு குத்தான் எடுக்க வேண்டிய நிலையம் P என வைத்துக்கொள்வோம். P யிலிருந்து AB, AC கோடுகளுக்குச் செங்கோணம் வரைந்தால் அவற்றின் பீடங்கள் P_1, P_2 ஆகிய இடங்களில் முட்டும்.

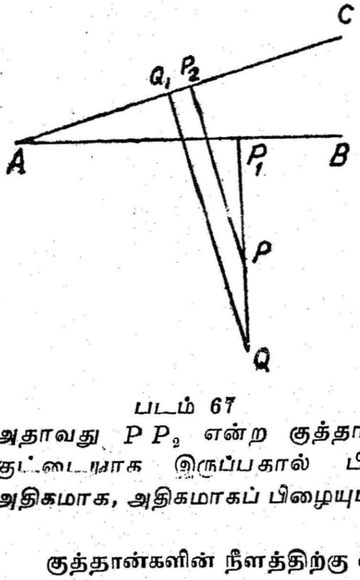
படத்திலிருந்து கீழ்க்கண்ட உண்மைகள் விளங்கும்.

1. PP_1, PP_2 ஆகியவை நீளத்தில் சமமாக இல்லை.

2. அவற்றின் நீளப்பாடுகள் (அதாவது AP_1, AP_2 ஆகியவை மாறுபடுகின்றன.

இதை இன்னும் தெளிவாக அறிந்துகொள்ள AP_2C அதன் குத்துக்கோடு PP_2 இரண்டையும் ஒரு கண்ணாடி வரைதாளில் படி எடுத்து, வரைதாளின் AC கோடு, மூலத்தாளின் AB கோட்டின்மீது படியுமாறு வைத்தால், வரைதாளில் உள்ள P நிலையம், மூலத்தாளின் அசல் P நிலையத்திலிருந்து எவ்வளவு தூரத்தில் எந்தத் திசையில் அமைந்துள்ளது என்பதை அறியலாம். பிழையின் பருமன் தெளிவாக விளங்கும்.

குத்தான்கள் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு குட்டையாக உள்ளதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு பிழையின் பருமன் குறையும் என்பதைப் படம் 67 விளக்குகிறது.



படம் 67

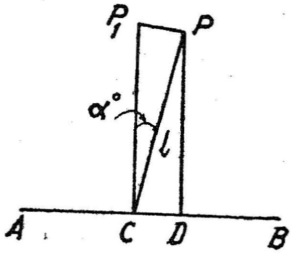
படத்தில் AB சரியான கோடு P, Q நிலையங்களின் வழியே வரும் குத்தான் ABயை P_1 இல் முட்டுகிறது. பிழைபட்ட நேரமைவால் அமைந்தகோடு AC என வைத்துக் கொள்வோம். P, Q நிலையங்களுக்கு வரையப் படும் குத்தான்கள் AC கோட்டில் முறையே P_2, Q_1 ஆகிய இடங்களில் முட்டுகின்றன. படத்திலிருந்து $AP_1 - AQ_1$ ஐ விட, $AP_1 - AP_2$ சிறியது என்பது புலனாகும். அதாவது PP_2 என்ற குத்தான், QQ_1 என்ற குத்தானைவிட குட்டையாக இருப்பதால் பிழையும் குறைவு. தொலைவு அதிகமாக, அதிகமாகப் பிழையும் அதிகமாகின்றது.

குத்தான்களின் நீளத்திற்கு வரம்பு: செங்கோணம் அமைக்கும் போது, கண் பார்வையால் அமைத்தாலோ, நாடாவை முன்னும், பின்னும் ஆட்டிக் குறைந்த நீளம் எதுவெனக் காணும் முறையில் அமைத்தாலோ, குத்தான் நீளம் 15 மீட்டருக்கு மிகாமல் இருப்பது நல்லது. குத்தானின் நீளத்திற்கான வரம்பு (அ)தேவைப் படும் துல்லியம். (ஆ) தேர்ந்தெடுத்த வரைவளவு. (இ) குத்தான் அமைக்கும் திசையில் ஏற்படும் பிழை. (ஈ) அளக்கை செய்யும் தரையின் தன்மை ஆகியவற்றைப் பொருத்ததாகும்.

படம் (68) காண்க. AB என்பது நேர்க்கோடு. P என்ற நிலையத்திலிருந்து குத்தான் எடுத்தபோது, கண் மதிப்பில் ஏற்

பட்ட பிழையால், நீளப்பாடு C என்ற இடத்தில் எடுக்கப்பட்டு விட்டது, குத்தான் நீளம் l ஆகவும் கோணத்தில் ஏற்பட்ட பிழை α° எனவும் வைத்துக்கொள்வோம்.

குத்தானின் அசல் பீடம் D, அசல் நீளம் PD. வரைபவர், அளந்த நீளமான l ஐ, அளந்த நீளப்பாடு ஆன C யில் வைத்துச் செங்கோணம் வரைந்து, P_1 என்ற இடத்தில் குறிப்பார். P இடம் மாறி P_1 என்ற இடத்திற்கு வந்துவிட்டது. எனவே, பிழையின் அளவு PP_1 ஆகும். வரைவதில் 0·025 செமீ (25 மிமீ) வரை வேறுபாடு காட்ட முடியும் என எடுத்துக்கொள்கிறோம். எனவே, PP_1 இந்த எல்லைக்குள் இருக்க வேண்டும் PP_1 பிழையின் $A\ B$ கோட்டிற்கு இணையான கூறு $= l \sin \alpha$ தோராயமாக.



படம் 68

$$l = \text{குத்தான் நீளம் } (CP) \text{ (மீட்டரில்)}$$

$$\alpha^\circ = \text{திசையில் பிழை (பாகையில்)}$$

1 செமீ $= p$ மீ என்பது வரைவளவாக இருக்கட்டும்.

படத்தில் $PP_1 = l \sin \alpha$ தோராயமாக (நிலத்தில்)

$$= \frac{l \sin \alpha}{p} \text{ செமீ (படத்தில்)}$$

அனுமதிக்கப்பட்ட பிழை வரம்பு $= 0{\cdot}025$ செமீ

$$\therefore \quad \frac{l \sin \alpha}{p} = 0{\cdot}025$$

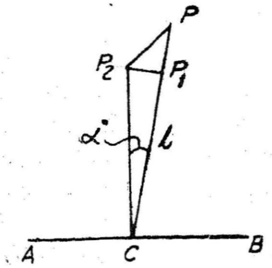
$$\therefore \quad l = 0{\cdot}025\, p \operatorname{cosec} \alpha$$

இது AB நேர்க்கோட்டிற்கு இணையான பிழைக்கூறு ஆகும்.

AB கோட்டிற்குச் செங்குத்தான பிழைக்கூறு $= CP_1 - DP$ ஆகும்.

$$\text{அது} = \frac{l - l \cos \alpha}{p} = \frac{l\,(1 - \cos \alpha)}{p} \text{ செமீ}$$

திசை நீளம், இணைந்த பிழை



படம் 69

படம் 69 ல்

CP = குத்தானின் அசல் நீளம் (மீ)

$CP_1 = l$ = குத்தானின் அளந்த நீளம் (மீ)

$CP_2 = l$ = வரையப்பட்ட குத்தான் (மீ)

α = திசைப்பிழை (கோணத்தில்)

rக்கு $_1$ = நீட்டல் அளக்கையில் இருந்த துல்லியம்

PP_1 = நீளப்பிழையால் ஏற்பட்ட விலக்கம் (displacement)

P_1P_2 = திசைப்பிழையால் ஏற்பட்ட விலக்கம்

PP_1 = மொத்த விலக்கம்

III (1)–2

இங்கு $P_1 P_2 = l \sin \alpha$

$$\& \ PP_2 = \frac{l}{r}$$

திசைப் பிழையால் ஏற்பட்ட விலக்கமும், நீட்டல் அளக்கைப் பிழையால் ஏற்பட்ட பிழையும் ஒன்றாக இருக்கவேண்டுமானால், இரண்டும் சமமாக இருக்கவேண்டும்.

$$\therefore \quad l \sin \alpha = \frac{l}{r}$$

அல்லது $r = \operatorname{cosec} \alpha$

$$P_1P_2 = PP_1$$

$\angle PP_1P_2 = 90^\circ$ என எடுத்துக்கொண்டால்

$$\therefore \quad PP_2 = \sqrt{(P_1P_2)^2 + (PP_1)^2} = \sqrt{2} \times P_1P_2 = \sqrt{2} \times l \sin \alpha$$

இங்கு வரைவளவு 1 செமீ = p மீ என வைத்துக்கொள்வோம்.

$$\text{வரைதாளில் } PP_2 = \frac{\sqrt{2} \times l \sin \alpha}{p} = \frac{\sqrt{2} \times l}{pr} \text{ செமீ}$$

இது 0·025 செமீக்கு மிகக் கூடாது.

$$\therefore \quad \frac{\sqrt{2} \times l \sin \alpha}{P} = 0{\cdot}025 = \frac{\sqrt{2} \times l}{Pr}$$

$$l = \frac{P \operatorname{cose} \alpha}{40\sqrt{2}} = \frac{Pr}{40\sqrt{2}}$$

குத்தானின் நீளத்தில் உள்ள பிழை $PP_1 = K$ மீ என இருந்தால்,

$$\text{மொத்த விலக்கம்} = \sqrt{PP_1{}^2 + P_1P_2{}^2}$$

$$= \sqrt{K^2 + l^2 \sin^2 \theta}$$

$$\text{வரைதாளில் } PP_2 = \frac{\sqrt{K^2 + l^2 \sin^2 \theta}}{p} = 0{\cdot}025 \text{ செமீ}$$

$$\therefore \quad K^2 + l^2 \sin^2 \theta = (p \times 0{\cdot}025)^2$$

$$= \frac{p^2}{40^2}$$

$$l^2 \sin^2 \theta = \frac{p^2}{40^2} - K^2$$

$$\sin^2 \theta = \frac{1}{l^2} \left\{ \frac{p^2}{40^2} - K^2 \right\}$$

$$\sin^2 \theta = \left\{ \frac{1}{l^2} \left[\frac{p^2}{40^2} - K^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

எடுத்துக்காட்டு 1

நீட்டல் அளக்கை ஒன்றின் வரைவளவு :1 செமீ = 20 மீ. குத்தான் 5° அளவுக்குச் செங்குத்து நிலையிலிருந்து தாழ்ந்து விட்டது. வரைதாளில் விலக்கம் 0·025க்கு மிகக் கூடாதென்றால், குத்தானின் பெரும நீளம் காண்க.

$$\text{திசைப்பிழை} = \theta\ 5^\circ$$

$$\text{குத்தான் பெரும நீளம்} = l \text{ என இருக்கட்டும்.}$$

$$\text{நிலத்தில் விலக்கம்} = l \sin \theta$$

$$\text{வரைவளவு 1 செமீ} = 20 \text{ மீ}$$

$$\text{தாளில் விலக்கம்} = \frac{l \sin 5^\circ}{20}$$

$$\text{அனுமதிக்கப்பட்ட பிழை வரம்பு} = 0{\cdot}025 \text{ செமீ}$$

$$\therefore \quad \frac{l \sin 5^\circ}{20} = 0{\cdot}025$$

$$\therefore \quad l = \frac{20 \times 0{\cdot}025}{\sin 5^\circ} = 0{\cdot}5 \operatorname{cosec} 5^\circ$$

$$= 5{\cdot}74 \text{ மீ}$$

எடுத்துக்காட்டு 2

களத்தில் அளக்கை செய்யும்போது ஒரு குத்தான் அதன் அசல் திசையிலிருந்து 4° சாய்ந்துவிட்டது. அதன் நீளம் 12 மீ எடுத்துக்கொண்ட வரைவளவு 1 செமீ = 1 மீ வரைபடத்தில் ஏற்படும் பிழை (a) சங்கிலிக் கோட்டிற்கு இணையாக எவ்வளவு? (b) சங்கிலிக் கோட்டிற்குச் செங்குத்தாக எவ்வளவு ?

குத்தான் நீளம் $= l$ மீ

திசைப் பிழை $= \delta^\circ$ ஆகவும் இருந்தால்

(a) நிலத்தில் சங்கிலிக் கோட்டின் திசையில் ஏற்படும்

விலக்கம் $= l \sin \delta = 12 \sin 4^\circ$

வரைவளவு $=$ 1 செமீ $=$ 1 மீ $\quad \therefore p = 1$

அதனால் வரைதாளில் விலக்கம் $= \dfrac{l \sin \delta}{p} =$

$$= \frac{12 \sin 4^\circ}{1} = 0{\cdot}838 \text{ செமீ}$$

(b) நிலத்தில் சங்கிலிக் கோட்டிற்குச் செங்குத்தாக ஏற்படும் விலக்கம் $= l\,(1 - \cos \delta)$

$$= 12\,(1 - \cos 4^\circ)$$

வரைதாளில் விலக்கம் $= \dfrac{12\,(1 - \cos 4^\circ)}{1} =$

$$= 0{\cdot}029 \text{ செமீ}$$

எடுத்துக்காட்டு 3

களத்தில் அளக்கை செய்யும்போது குத்தான் எடுத்ததில் அதன் திசை 3° சாய்ந்துவிட்டது. நீளத்தை அளக்கும்போது என்ன துல்லியம் கையாண்டால், இணையாகவும் செங்குத்தாகவும் ஏற்படும் பிழைகள் சமமாக இருக்கும்.

$l =$ குத்தான் நீளம் (மீ) ஆகவும்

$\delta =$ திசைப்பிழை ஆகவும்

1 in $r =$ நீட்டல் அளக்கையின் துல்லியம் ஆகவும் இருந்தால் திசைப்பிழையால் ஏற்படும் விலக்கம் $=$

$$= l \sin \delta = l \sin 3^\circ$$

துல்லியத்தால் ஏற்படும் விலக்கம் $= \frac{l}{r}$

இரண்டையும் சமப்படுத்தினால்

$$l \sin 3^\circ = \frac{l}{r}$$

$$\therefore \quad r = \text{cosec } 3^\circ = 19{\cdot}11$$

நீட்டல் அளவுகள் 14·34 க்கு ஒன்று என்ற துல்லியத்தில் அளக்க வேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டு 4

களத்தில் அளக்கை செய்யும்போது நீட்டல் அளவுகளில் இருந்த துல்லியம் 25 க்கு ஒன்று. எடுத்துக்கொண்ட வரைவளவு 1 செமீ = 30 மீ. இரண்டு பிழைகளாலும் ஏற்படும் பிழை = 0·025 செமீக்கு மிகாமல் இருக்க வேண்டுமெனில், குத்தானின் பெரும நீளம் என்ன இருக்க வேண்டும்.

l = குத்தானின் பெரும நீளம் (மீ) ஆகவும் rக்கு 1 = நீட்டல் அளக்கையின் துல்லியம் ஆகவும் இருக்கட்டும்.

∴ இரண்டு பிழைகளாலும் நிலத்தில் ஏற்படும்

$$\text{விலக்கம்} = \frac{\sqrt{2} \times l}{r} = \frac{\sqrt{2}\, l}{25} \text{ மீ}$$

எடுத்துக்கொண்ட வரைவளவு 1 செமீ = 30 மீ

∴ வரைபடத்தில் ஏற்படும் விலக்கம்

$$= \frac{\sqrt{2}\, l}{25 \times 30} \text{ செமீ}$$

இது 0·025 செமீக்கு மிகக் கூடாது.

$$\therefore \quad \frac{\sqrt{2}\, l}{25 \times 30} = 0{\cdot}025$$

$$\therefore \quad l = \frac{0{\cdot}025 \times 25 \times 30}{\sqrt{2}} = 13{\cdot}1\text{மீ}$$

எடுத்துக்காட்டு 5

ஒரு குத்தான் நீளம் 150மீ. வரைவளவு 1 செமீ = 70மீ. குத்தானில் ஏற்பட்ட பெரும நீளப்பிழை 75 செமீ. வரை

படத்தில் பிழை 0·025 செமீ க்கு மிகாமல் இருக்கவேண்டு மென்றால் திசைப்பிழையின் பெருமம் என்ன இருக்கும் ?

ஃ = பெரும திசைப்பிழை ஆகவும்.

k = குத்தானின் பெரும நீளப்பிழை ஆகவும் (0·5மீ) இருக்கட்டும்.

திசைப்பிழையால் ஏற்படும் விலக்கம் $= l \sin$ ஃ

$= 15 \sin$ ஃ

நீள அளவில் பிழை = 75 செமீ = 0·75மீ

இரண்டின் கூட்டுப்பிழை நிலத்தில் =

$= \sqrt{(15 \sin ஃ)^2 + (0{\cdot}75)^2}$ மீ

வரைபடத்தில் $= \dfrac{\sqrt{(15 \sin ஃ)^2 + (0{\cdot}75)^2}}{70}$ செமீ

இது 0·025 செமீக்கு சமமாக இருக்கவேண்டும்.

$$\frac{\sqrt{(15 \sin ஃ)^2 + (0{\cdot}75)^2}}{70} = 0{\cdot}025$$

$$(15 \sin ஃ)^2 = (0{\cdot}025 \times 70) - (0{\cdot}75)^2$$

$$= 1{\cdot}75 - 0{\cdot}56$$

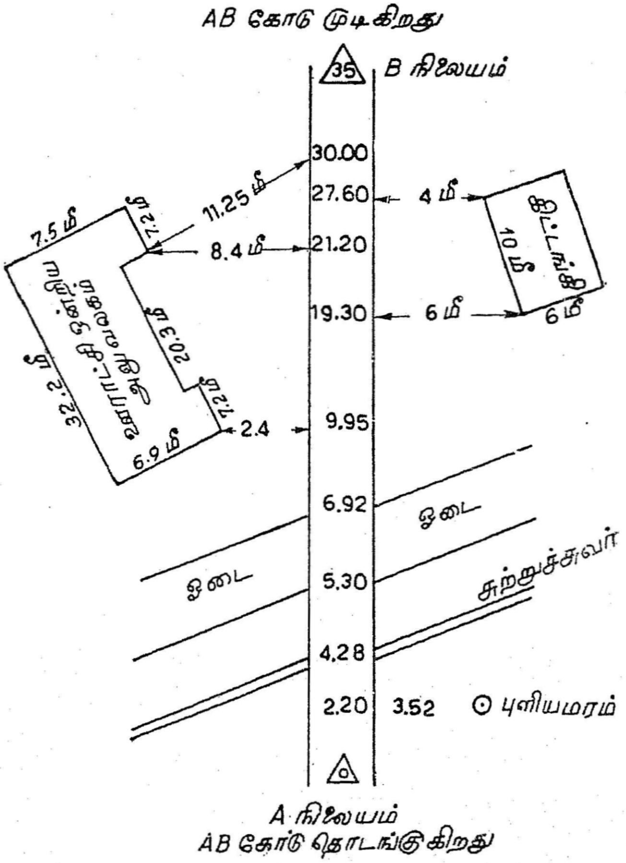
$$225 \sin^2 ஃ = 1{\cdot}19$$

$$\sin^2 ஃ = \frac{1{\cdot}19}{225} = \sin ஃ = \frac{\sqrt{1{\cdot}19}}{225} = ஃ = 4°11'$$

$$= ஃ\ 4°11'$$

களக் குறிப்புகள் எடுத்தல் : அளக்கை நடத்தும்போது அளவுகளை அவ்வப் போதே குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். நீட்டல் அளக்கைக்குத் தனிச் சுவடி உண்டு. செவ்வக வடிவில் (சுமார் 20 செமீ × 12 செமீ) கைக்கு அடக்கமாக, நெட்டுவாக்கில் திறக்கக் கூடியதாக இருக்கும். சுவடியில் (1) ஒற்றைக் கோடு, (2) இரட்டைக் கோடு என இரண்டு வகை உண்டு. முன்னதில் சுவடியின் நடுவில் நெட்டுவாக்கில் ஒரு சிவப்புக்கோடு போட் டிருக்கும். பின்னதில் 15 மிமீ அல்லது 12·5 மிமீ அகலம் நடுவில் விட்டு இரண்டு சிவப்புக் கோடுகள் போட்டிருக்கும். ஒத்தைக் கோடாக இருந்தால் அதன்மேலும் இரட்டைக் கோடாக இருந்தால் அவற்றின் நடுவிலும் நீளப்பாடு (chainage) குறித்துக் கொள்ளப்படும். நீளப்பாட்டின் வலதுபக்கமோ, இடதுபக்கமோ

குத்தான்கள், குறித்துக்கொள்ளப்படும்; இருபக்கங்களிலும் உள்ள இடங்களில் அமைவுக் குறிப்புப் படங்கள், விளக்கப் படங்கள், இன்ன பிற தகவல்கள் எழுதிக்கொள்ளலாம். சுவடியில்



படம் 70

பொறியால் பக்க எண் இரண்டிரண்டு பக்கங்களுக் கொருமுறை அச்சிடப்பட்டிருக்கும். இரு கோட்டுச் சுவடியே பெரும்பாலும் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

குறிப்புகள் எடுக்கும் போது, சுவடியைத் திறந்துகொண்டு, இரட்டைப்பக்கத்தின் அடியிலிருந்து மேலாக, அளக்க, அளக்கக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். வேலை தொடங்கும் போது, (1) அளக்கைக் கோட்டின் பெயர் அல்லது எண், (2) அளவை

நிலையத்தின் பெயர் அல்லது எண், (3) நிலையத்தைக் குறிக்க △ அடையாளம் ஆகியவற்றைத் தெளிவாகக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். கோடுகளின் தொடக்கமும், திசையும் முடிவும் எழுத வேண்டும். முடிவில் முக்கோண அடையாளம் போட்டு, அதன் நடுவில் நீளப்பாட்டைக் குறிக்கவேண்டும். (நடுவில் வரும் நிலையங்கள்; துணை, அல்லது இணைப்பு நிலையங்களைச் சுற்றிச் சுழித்துக் கொண்டு அதன் பக்கத்தில் நிலையத்தின் பெயரையும், எண்ணையும் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும்.) சங்கிலியின் நீளங்கள் (நீளப்பாடுகள்) கோடுகளின் நடுவிலும், குத்தான்கள் அவற்றின் நேரே அவை இருக்கும் அதே பக்கங்களில் குறித்துக் கொள்ளப்படும். பொருளைப் பற்றிய குறிப்பு அல்லது படம் எழுதிக்கொண்டு, படத்தின் அருகில் நடுக்கோடுகள் இருக்கும் பக்கமாகக் குத்தான்களை எழுதவேண்டும். குத்தான்கள் எடுக்கும் போது அப்பொருட்களை மரபு அடையாளங்களால் அவற்றின் பெயர்களோடு குறித்துக்கொள்ளலாம். படங்கள் வரைவளவுப்படி இருக்க வேண்டியதில்லை. அப்படங்கள் அந்தந்த அளவின் நேர் இருத்தலே நலம். வேலிகள், எல்லைகள், சாலைகள், சுவர்கள் முதலியன குறுக்கிடும்போது, அவற்றின் வெட்டுப் புள்ளிகளைக் குறித்துக்கொண்டு, சுவடி பின் இணைகோடுகளின் நடுவில் புகாமல் இருபக்கமும் அவற்றை வரைந்துகொண்டு திசையையும் குறித்துக்கொள்ளலாம்.

சுவடியில் நீளப்பாடுகளை நெருக்காமல் தள்ளித் தள்ளிக் குறிப்பது நல்லது. இடைவெளி சுமார் 10 மிமீ இருக்கலாம். இணைப்பு நிலையங்கள் தொடங்குவதையும், முடிவதையும் பெயர் அல்லது எண்ணுடன் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும் (படம் 70).

சுவடியில் குறிக்கும் போது நினைவுகூற வேண்டியவை,

(1) ஒவ்வொரு சங்கிலிக்கோடு அல்லது அளக்கைக் கோட்டையும் தனித்தனி பக்கங்களில் குறிக்கவேண்டும்.

(2) சங்கிலி அளவு செல்லும் திசையைப் பார்த்துப் பதிபவர் நின்று கொண்டு, அளவு எடுக்க, எடுக்க அவ்வப்போதே குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.

(3) எல்லாக் குறிப்புக்களையும் பதிந்துகொள்ள வேண்டும். நினைவிற்கென்று எதையும் மிச்சம் வைக்கக் கூடாது. அளக்கைக் களத்தை கண்டேயிராத, அலுவலக வரைவாளர் வரையு மளவுக்குத் தேவையான எல்லா அளவுகளையும், குறிப்புக்களையும் தெளிவாகக் குறிக்கவேண்டும்.

(4) எண்களைத் தெளிவாகவும், எழுத்துப் புரியும்படியாகவும் இருக்கவேண்டும்.

(5) பக்கப் பொருட்களின் படங்கள் தெளிவாகவும் விளக்க மாகவும் இருக்கவேண்டும்.

(6) தொடர்புடைய பிறபக்கங்களைப் பற்றிய குறிப்பையும் தெளிவாகத் தேவைப்படும் எல்லா இடங்களிலும் எழுதவேண்டும்.

(7) நல்ல தரமான பென்சில் பயன்படுத்திக் குறித்தல் வேண்டும்.

(8) சுவடியை அழுக்கின்றித் துப்புரவாக வைத்துக்கொள்ள வேண்டும். பிழைகளை ரப்பரால் அழிக்கக் கூடாது, பிழையின் மேல் கோடு இழுத்துவிட்டு அதன் மேற்புறம் புதிய அளவை எழுத வேண்டும். பக்கம் முழுவதும் பிழையாகிவிட்டால், இரண்டு சாய்ந்த கோடுகள் இழுத்து இடையில், ''பிழை தள்ளிவிடுக'' என்று எழுத வேண்டும். அந்தப் பக்கத்தின் சரியான குறிப்பு உள்ள பக்க எண்ணை அதே பக்கத்தில் தந்து விவரமும் எழுத வேண்டும்.

(9) (i) அளவையின் பெயர். (ii) அளந்த பரப்பின் பொதுவான படம். (iii) முதன்மை நிலையங்கள், இணைப்பு நிலையங்களின் அமைவிடம் காட்டும் படம். (iv) அளக்கைக் கோடுகள் பற்றிய விவரம். (v) அளந்த நாள். (vi) அளப்பதில் பங்கு கொண்டோர் அனைவரின் பெயர்கள். (vii) அளக்கைக் கோடுகள், நிலையங்கள் இடம் பெறும் பக்க அட்டவணை போன்ற எல்லா விவரங்களும் இன்றியமையாதவை.

களப்பணி

கருவிகள் : நீட்டல் அளவு (சங்கிலி அளவு)க்குப் பயன்படும் கருவிகள் வருமாறு :

(1) ஒரு சங்கிலி, (2) பத்து அம்புகள், (3) 20மீ பொன்ம இழைநாடா, (4) 12 நேர்காண் கம்புகள், (5) ஒரு குத்தான் கம்பு, (6) ஒரு குறுக்குக் கம்பம் (cross staff) அல்லது செங் கோணளவி (optical square), (7) ஒரு தூக்குக் குண்டு, (8) ஒரு அளக்கைச் சுவடி, 9) முளைகள் சில, (10) நல்ல பென்சில்கள் ஓரிணை, (11) பேனாக் கத்தி, (12) வெட்டுக்கத்தி, (13) சுத்தியல், (14) எழுதுகட்டி (chalk), நீளக்கயிறு, ஆணிகள், சின்னக் கோடாலி, தார் போன்ற பொருள்கள். ஒரு கடற் கோணமானி இருந்தால் நல்லது.

1. **உளவை:** அளக்கும் களத்தை முதலில் பார்வையிட்டு அறிதலுக்கு உளவை (reconnaisance) அல்லது (reconnoitre) என்று பெயர்.

அளவைக் களத்தின் தன்மைகளை அளவையாளர் நன்கு தெரிந்துகொள்ள வேண்டும். அதன் எல்லைகள், உள்வரும் கட்டிடங்கள், சாலைகள், ஓடைகள் முதலிய முக்கியமானவற்றை யெல்லாம் களம் முழுதும் நடந்து நன்கு அறிந்துகொள்ள வேண்டும். அளக்கை நிலையங்கள் ஒன்றுக்கொன்று தெரியுமாறு எங்கெங்கு அமைக்கலாமென எண்ணவேண்டும். கோடுகள் அமைத்து அளப்பதில் வரக்கூடிய இடர்களை முன்னரே எண்ணிப் பார்க்க வேண்டும். எங்கெங்கு முடியுமோ அங்கெல்லாம் கண்களால் கண்டோ, கால்களால் அளந்தோ கோடுகளின் தோராயமான நீளங்களை அறியவேண்டும். முன்னரே அளவைக் களத்தைப் பார்வையிடுவதன் மூலம், பின்வரும் இடர்கள், ஆகும் நேரம், தடையேதுமில்லாமல் மட்டமான தரைமீதமைக்கும் முதன்மைக் கோடுகள் முதலியவற்றை எதிர் நோக்கலாம். உளவையின்போதே அளக்கைக் களத்தின் தோராயமான வழி காண் படம் (key plan அல்லது index plan) ஒன்றை அளக்கைக் களச் சுவடியில் வரைந்து கொண்டு, அதில் எல்லைகள், கட்டி டங்கள், சாலைகள், ஓடைகள் போன்ற பிற விவரங்கள், முதன்மை நிலையங்கள், துணை நிலையங்கள் போன்றவற்றின் எண், பெயர் களுடன் குறித்துக்கொண்டு, கோடுகளையும் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும்.

2. **நிலையங்களைக் குறித்தல்:** உளவையை முடித்தபின், வழி காண் படம் வரைந்துகொண்டபின், அடுத்தபடி நிலையங்களை நிலத்தில் குறித்தலாகும். தேவைப்படும்போது உடனே கண்டு பிடிக்கும் வகையில் நிலையங்களைக் குறிக்கவேண்டும்.

(a) அன்றே முடியும் தற்காலிக (temporary) அளவைகளுக்கு, நேர்காண் கம்புகளை ஊன்றி நிலையங்களைக் குறிக்கலாம். கெட்டித் தரையில் கல்குட்டான் அமைத்துக் கம்பை நிறுத்தலாம்.

(b) விரிந்து பரந்த அளவைகளுக்கு 25 மிமீ முதல் 40 மிமீ வரை தரைமேல் நீட்டிக்கொண்டிருக்குமாறு மரமுளைகளை நிலத்தில் அடித்து இறக்கிக்கொள்ளலாம். மண்தரையில் அடிக்க 25 மிமீ கட்டமுளை (square peg) 150 மிமீ நீளம் இருந்தால் போதும். இளகிய தரையில் அடிக்க 40 மிமீ கட்டமுளை 400 மிமீ நீளமாவது வேண்டும்.

புல்தரையில் முளையைச் சுற்றி முக்கோண வடிவில் புற்களைச் செதுக்கி வைத்துக்கொள்ள வேண்டும்.

(c) கரையான் நிறைந்த இடத்தில். கிரியோசோட் அல்லது சொலிஞம் (creosote or solignam) பூசப்பட்ட முளைகளைப் பயன் படுத்த வேண்டும். அல்லது நேர்காண் கம்பின் இரும்புப் பாதத்தை நிலத்தில் அழுத்தி, ஏற்படும் பள்ளத்தில் சிமிட்டிக் கலவை நிரப்பி அதில் ஓர் ஆணியை ஊன்றிக் குறிக்கலாம்.

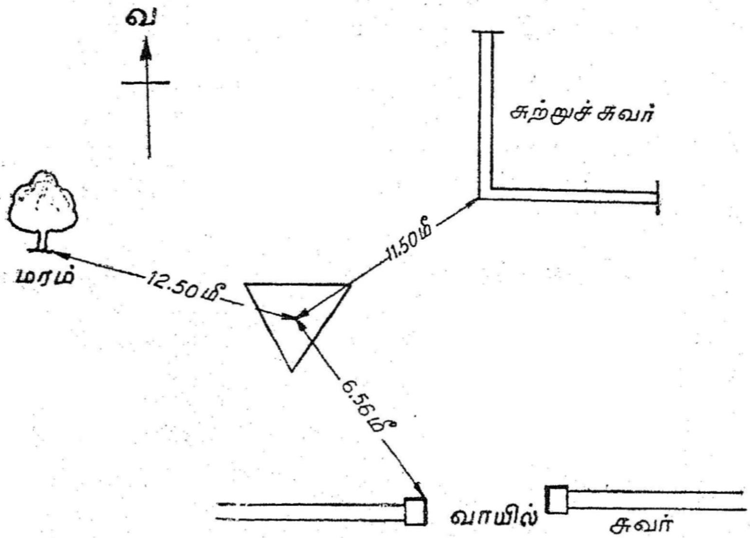
(d) கெட்டித்தரையில் 100 மிமீ நீளமுள்ள 12·5 மிமீ வட்டக் கூர்கம்பியைத் தரையில் அடித்துக் குறிக்கலாம். அல்லது வெட்டுக்குறி (cross) போல ஒரு பள்ளம் பறித்துக் குறிக்கலாம். தார், பெயிண்டு போன்றவற்றாலும் வெட்டுக்குறி அடையாள மிடலாம்.

(e) என்றும் இருக்கும் நிலையான நிலையங்களைக் குறிக்க தலைப்பில் வெட்டுக்குறி உள்ள கருங்கல் துண்டு ஒன்றை தரையில் நட்டுக் காட்டலாம். நாட்டுப்புற எல்லைக்கற்கள், கண்டக் கற்கள் போன்றவை இவை.

3. அடையாளப் படம் (Reference Sketches): அளக்கை நிலையங்களைக் குறித்தபின் அவற்றைப் பின்னொருமுறை பார்த்து அடையாளம் கண்டுபிடிக்க வசதியாக, அவற்றின் அமைவைச் சுற்றியுள்ள நிலையான அடையாளங்களோடு அளவால் இணைத்து வரைந்துவைக்க வேண்டியது அடுத்தப்படி ஆகும். இவ்வகைப் படங்களை அடையாளப் படங்கள் அல்லது அமைவுப் படங்கள் எனலாம்.

அடையாளப் புள்ளிகள் எளிதாகக் காணும்படியாகவும், நிலையானவையாகவும் இருக்கவேண்டும். கட்டடங்களின் மூலைகள், வாயில் தூண்கள், பட்டையில் அடையாளம் செய்த பெரிய மரங்கள், எல்லைக்கற்கள், வேலிக்கம்பங்கள் போன்ற மூன்று புள்ளிகளிலிருந்து இணைப்பு நீளம் அளந்து குறிக்க வேண்டும். இரண்டு நீளம் இருந்தாலே போதுமாயினும், உறுதிப் பாட்டிற்காக மூன்றாவது நீளமும் தேவைப்படுகிறது. நீளங்களை 0·5 செமீ சுத்தமாக எடுத்துக்கொள்ளலாம். நிலையங்களில் வைத்த முளைகள் காணாமல் போய்விட்டாலோ, இடம் மாறிப் போய்விட்டாலோ, நிலையங்களைக் கருக்காக (accurately) அறிந்து கொள்ள பார்வைப் படங்கள் இன்றியமையாதவை. மூன்று நீளங்களையும் அவ்வப் புள்ளிகளிலிருந்து வில் (arc) வரைந்து அவை வெட்டும் புள்ளியில் மீண்டும் குறிக்கலாம்.

களச் சுவடியில் பார்வைப் படத்தை தெளிவாக வரைந்து கொள்ள வேண்டும். வடக்குத்திசை நோக்கி நின்று கொண்டு, வடக்குக் கோட்டை வரைந்து கொள்வதோடு, இதர புள்ளி களையும் அவற்றின் இணைப்பு நீளங்களையும், இருமுனை அம்புக் கோடுகளின் இடையே குறித்துக்கொள்ளவேண்டும் (படம் 71).



படம் 71

4. அளக்கைக் கோடுகளில் அளவெடுத்தல் : முன்னோடி வேலை களெல்லாம் முடிந்தபின், அளக்கைக் கோடுகள் அமைத்து அவற்றின் வழியே அளவுகள் எடுக்க வேண்டும். முதலில் அடிப் படைக் கோட்டில் தொடங்கி ஒவ்வொரு கோடாக அளக்க வேண்டும். முடிந்த அளவு தொடர்ச்சியாக, அளக்கைச் சட்டத்தின் எல்லா முக்கோணங்களின் கோடுகளையும் அளக்க வேண்டும்.

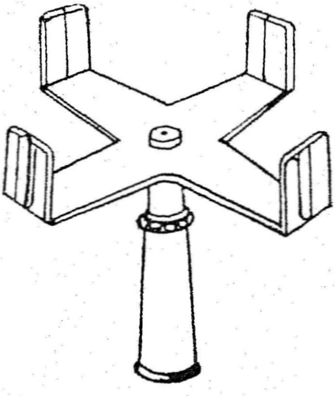
அளக்கைக் கோட்டை அளத்தல் என்பது இரண்டு நிலையங் களின் இடைவெளியை அவற்றில் வரும் குத்தான்களுடன் அளத்தல் ஆகும். முதலில் ஒரு நிலையத்திலிருந்து, அடுத்த நிலையத்தை நோக்கி நேர்க்கோட்டில் சங்கிலியை இழுத்து விரித்து அம்பை ஊன்றிக்கொள்கிறோம். சங்கிலியை விரிந்த நிலையிலேயே விட்டு, இருபக்கங்களிலும் வரும் பொருட்களுக்குக் குத்தான் எடுத்துக்கொள்கிறோம். அளக்கையாளர் உடனுக்குடன்

குறித்துக்கொள்கிறார். அந்தக் கோடு முடியும் வரை நீட்டல் அளவுகளும் குத்தான்களும் இவ்வாறே தொடர்ந்து முடிக்கிறோம். அதேபோலப் பிற கோடுகளையும் அளந்து முடிக்கலாம்.

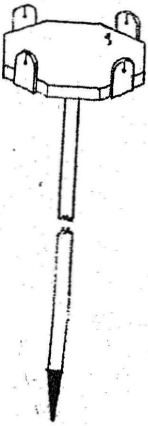
செங்கோணம் அமைப்பதற்கான கருவிகள் : செங்கோணம் அமைக்க வேண்டிய தேவை இரண்டுவகையில் ஏற்படுகிறது. (1) குறிப்பிட்ட புள்ளியிலிருந்து வரும் செங்குத்துக் கோட்டின் பாதத்தை நெடுங்கோட்டில் கண்டுபிடித்தல். (2) நெடுங்கோட்டில் ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியிலிருந்து செங்கோணம் அமைத்தல். அவற்றிற்குதவும் சிலவகைக் கருவிகளைக் காண்போம்.

குறுக்குக் கம்பம் : குறுக்குக் கம்பங்களில் மூன்று வகை உள்ளன. (1) திறந்த, (2) பிரெஞ்சு, (3) சரிசெய்யக்கூடிய குறுக்குக் கம்பங்கள். இவற்றில் முதல் வகை அதிகமாகப் புழக்கத்தில் உள்ளது.

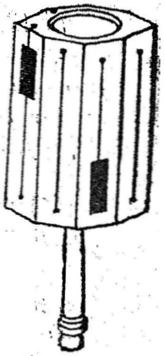
திறந்த குறுக்குக் கம்பம் : குறுக்குக் கம்பங்களில் எளிமையானது திறந்த குறுக்குக் கம்பம் ஆகும். இதில் தலை, கால் என இரு பகுதிகள் உண்டு. தலைப்பகுதி ஒரு எண்கர அல்லது வட்ட அல்லது கட்ட (square) மரக்கட்டை ஆகும். இதில் ஒன்றுக்கொன்று செங்கோணத்தில் வெட்டிக்கொள்ளும் இரண்டு நேர்க் கோடுகள் வாளால் அறுக்கப்பட்டு இருக்கும். அடியில் கூர்முனை கொண்ட இரும்புக் கம்பி செருகப்பட்டிருக்கும். கம்பி, ஆள் உயரம் இருக்கும்.



படம் 72a



படம் 72b



படம் 73

நல்லவகைத் திறந்த குறுக்குக் கம்பங்களில் படத்தில் (72a & 72b) காட்டியபடி, தலைப்பகுதியில் நேருக்குநேர் பொருத்தப்பட்ட

துளையிட்ட தகடுகள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். கால் பகுதிக்கு 2·5 செமீ வட்டக் கம்புகள், அடியில் கூர்முனையுடன் கூடியது பயன்படும். இதை எளிதாக பூமியில் ஊன்ற முடியும்.

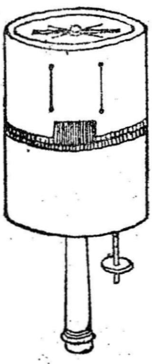
ஒரு புள்ளியிலிருந்து வரும் குத்தானின் பீடம் நெடுங்கோட்டில் முட்டும் இடம் காண்பதற்கு முதலில் நெடுங்கோட்டில் அந்த இடத்தைத் தோராயமாக நிர்ணயித்து அங்கு குறுக்குக் கம்பத்தை ஊன்ற வேண்டும். பின் முன்னால் நிலையத்தில் நட்ட நேர்காண் கம்பை, ஓரிணைத்துளைகள் வழியாகக் கண்டு அதற்கேற்ப குறுக்குக் கம்பத்தைக் கைகளில் திருப்பிக்கொள்ளலாம். அடுத்து அதே துளைகளின் வழியாக பின்னால் உள்ள நிலையத்து நேர்காண் கம்பை நோக்க வேண்டும். இப்போது குறுக்குக் கம்பம் கோட்டின் மேல் நேராக அமைந்துள்ளது. அதில் குறுக்கே செங்கோணத்தில் உள்ள துளைகள் வழியாக குத்தான் எடுக்கவேண்டிய பொருளைக் காணவேண்டும். பொருள் துளைகள் நேர் இல்லாவிட்டால், குறுக்குக் கம்பத்தை நேர்க்கோட்டின் முன்னோக்கியோ, பின்னோக்கியோ நகர்த்தி முன்போல நேர்க்கோட்டில் அமைத்து விட்டு மீண்டும், குறுக்குத் துளைகள் வழியாக அப்பொருள் தெரியும்வரை, முயலவேண்டும்.

(2) பிரெஞ்சுக் குறுக்குக் கம்பம் (படம் 73) : இது எண்கர வடிவில் உள்ள ஒரு பித்தளைக் குழாயால் ஆன தலையை உடையது. இதன் விட்டம் சுமார் 8 செமீ. எண் கரங்களில் ஒரு பக்கம் துளையும், அதன் அடுத்த பக்கம் ஒரு குதிரை மயிரிழை அல்லது பொன்மக் கம்பியும்போல எட்டுப் பக்கத்திலும் இருக்கும். இதன் மூலம் செங்கோணம் காணலாம். 45° கோணங்களை அமைக்கவும் இது பயன்படுகிறது.

இதை ஓர் ஆளுயரக் கம்பில் பொருத்திக்கொள்ளலாம். இதன் பார்வை இடைவெளி 8 செமீ மட்டும் உள்ளதால், இது அவ்வளவு சிறந்ததல்ல.

(3) சரிசெய்யக் கூடிய குறுக்குக் கம்பம் (Adjustable Cross Staff) (படம் 74). இது 8 செமீ விட்டமும் 10 செமீ உயரமும் கொண்ட பித்தளையால் ஆனது. இரண்டு பகுதியாகப் பிரிந்துள்ளது. மேல்பகுதி சுற்றுவதற்கு வசதியாக ஒரு திருகு பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இரண்டு பகுதியிலும் நேர்காண் துளைகள் வெட்டப்பட்டிருக்கும். அடிப்பகுதியில் கோண அளவுகளும், மேல்பகுதியில் வெர்னியரும் பொருத்தப் பட்டுள்ளன. எந்தக்கோணம் அமைக்கவும் இதைப் பயன்

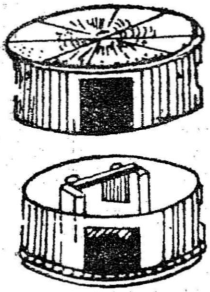
படுத்தலாம். இதன் பார்வைதூரம் சிறியதாகையால் (8 செமீ) இதன் பயனும் தோராயமானதே. இதன் தலைப்பில் காந்தவட்டை பொருத்தப்பட்டுள்ள தால் கோடுகளின் திசைக்கோணங்களையும் அறிய உதவுகிறது.

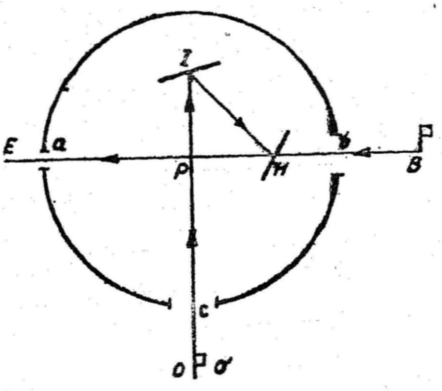


படம் 74

குறுக்குக் கம்பங்களில் எளியது, கெட்டி யானது எல்லாம் திறந்த குறுக்குக் கம்பங்களே. அதிகப் புழக்கத்தில் உள்ளதும் இதுவே. குறுக்குக் கம்பங்கள், பொதுவாகவே, மிகவும் துல்லியமான பயன்களைத் தரா. துல்லியமான வேலைகளுக்கு கண்ணாடிச் செங்கோணளவி (optical square) என்ற கருவிப் பயன்படுகிறது.

கண்ணாடிச் செங்கோணளவி: துல்லியமான செங்கோணம் அமைக்க இக்கருவி பயன்படுகிறது, கைக்கு அடக்கமான சிறிய கருவி. 5 செமீ விட்டமும் 1·25 செமீ உயரமும் கொண்ட வட்டப் பெட்டி. இதற்கு ஒரு மூடி உண்டு. அதைச் சுழற்றித் துளைகளை அடைத்து மூடி வைக்கலாம். இதனால் பெட்டியினுள் தூசு சென்று கண்ணாடியை அழுக்கடையச் செய்யாமல் காப்பாற்றலாம். உள்ளே இரண்டு ஆடிகள் உள்ளன (படம் 75).





படம் 75

(1) இரண்டு ஆடிகளும் ஒன்றுக்கொன்று 45° கோணத்தில் அமைந்துள்ளன. நேர்க்கோட்டில் அமைந்துள்ளது கிடை ஆடி *H* (horizon glass) என்றும், குத்துக் கோட்டில் அமைந்துள்ளது குறி ஆடி *I* (index glass) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. கிடை

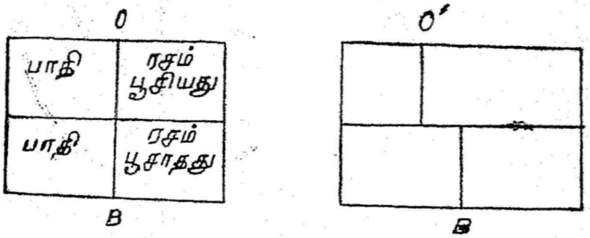
ஆடி பாதி ரசம் பூசியதாகவும், மறுபாதி ரசம் இல்லாமலும் அசையாத வண்ணம் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. குறி ஆடியைத் திருகின் உதவியால் சிறிதளவு திசைமாற்ற முடியும். சிலவகைக் கருவிகளும் அதுவும் அசையாமல் பொருத்தப்பட்டுள்ளன.

(2) பெட்டியின் விளிம்பில் மூன்று துளைகள் வெட்டப் பட்டுள்ளன. (i) கண்வைத்துப் பார்க்க ஓர் ஊசித்துளை *a* (கண்துளை). (ii) அதற்கு நேர் எதிரில் நேர்க்கோடு காண ஒரு சிறிய செவ்வகத் துளை *b* (நேர்துளை). (iii) கண்துளையையும், நேர்துளையையும் இணைக்கும் நேர்க்கோட்டிற்குச் செங்குத்தாக ஒரு பெரிய நீள் கட்டத்துளை *c* ஆக மூன்று துளைகள் இருக்கின்றன.

(3) மூடியில் ஒரு துளை இருக்கும். இதன் வழியாகச் சாவியை நுழைத்து குறி ஆடியை நகர்த்த முடியும்.

a b யை இணைக்கும் கோடு கிடைக் கண்பார்வை (eye horizon sight) என்றும் *c I* யை இணைக்கும்கோடு குறிப் பார்வை (index sight) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன. அவை ஒன்றுக் கொன்று செங்குத்தாக இருக்கும்.

கிடைஆடி பார்வைத் துளையையும், நேர் துளையையும் இணைக் கோட்டின் மேல், கோட்டிற்கு 120° கோணத்தில் பொருத்தப் பட்டிருக்கும். குறி ஆடி, குறித்துளை(*C*) க்கு எதிரில் குறிப் பார்வைக்கு 105° கோணத்தில் அமைந்திருக்கும். அதனால் இரண்டு ஆடிகளுக்கும் இடையில் உள்ள கோணம் 45° ஆகும். (படம் 75).



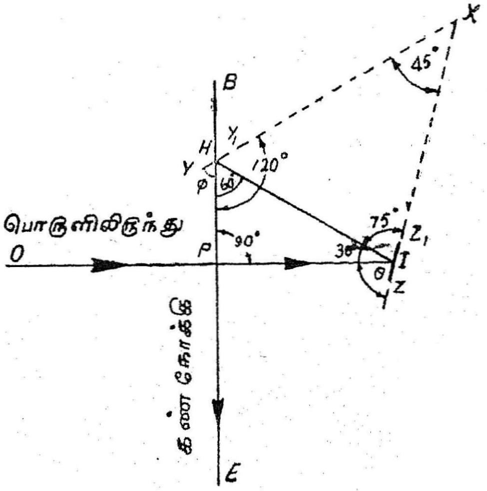
படம் 76 *a&b*

O என்ற நேர்காண் கம்பிலிருந்து வரும் ஒளிக்கற்றை, குறித்துளை (*c*) வழியாக வந்து, குறிஆடி(*I*)ல் பட்டு, எதிரொளித்து கிடைஆடி (*H*) ன் மீதுவிழுந்து, அதன் ரசமிட்ட பகுதியில் எதிரொளித்து, கண்துளை (*a*) வழியாக நமது பார்வையில் படும்,

அதே வேளையில் *B* என்ற நேர்காண் கம்பிலிருந்து வரும் ஒளிக் கற்றை நேர்துளை (*b*) வழியாக வந்து, கிடைஆடியின் ரசமில்லாத பகுதியை ஊடுருவிக் கண்துளை(*a*) வழியாக வந்து சேருகிறது. அதனால் கிடைஆடியில் கீழ்ப்பகுதியில் நேர்காண் கம்பு *B*யின் உருவமும், மேற்பகுதியில் (ரசமிட்ட பகுதியில்) நேர்காண் கம்பு *O* வின் உருவமும் ஒரே சமயத்தில் கிடைக்கும். இரண்டும் நேர்க் கோட்டில் இருந்தால் (படம் 76*a*), குத்தான் செங்குத்தாக உள்ளதென்று அறியலாம். இல்லையென்றால் (படம் 76*b*) முன்னே பின்னே நகர்ந்து நேர்க்கோட்டில் வரும்படி அமைக்கவேண்டும்.

கண்ணாடிச் செங்கோணளவி, ஒளிக்கதிர் ஆடியில் பட்டு எதிரொளிப்பதன் மூலம் கோணங்களை அளக்கும் வகையான கருவிகளில் ஒன்றாகும். இதேபோன்ற பிற எதிரொளிக் கருவிகள்

1. நேர் நோக்கி (line ranger)
2. கடற்கோணமானி (box sextant)
3. பட்டகக் காந்தவட்டை (prismatic compass)



படம் 77

எதிரொளிக் கருவிகளின் கொள்கை :

" இரண்டு சமதள ஆடிகள், குறிப்பிட்ட கோணத்தில் அமைந்திருக்கும்போது, அவ்வாடிகளின் சமதளத்திற்குச் செங்குத்தான சமதளத்தில் வரும் ஒளிக்கதிர் இரண்டு ஆடி களிலும் தொடர்ந்து எதிரொளிக்கும்போது, ஆடிகள் அமைந்த

கோணத்தைப்போல இருமடங்கு கோணத்தில் திருப்பி வெளி வருகிறது.'' அதாவது வரு கதிருக்கும், செல் கதிருக்கும் உள்ள இடைக்கோணம். ஆடிகள் அமைந்த கோணத்தைப்போல இரு மடங்காகும். கண்ணுடிக் கட்டத்தில் கண்ணுடிச் செங்கோணளவி யில் கதிர்பாதையைக் காண்போம். படம் 75 காண்க.

O விலிருந்து புறப்படும் கதிர் குறிஆடி (I) யில் பட்டு, எதிரொளித்து கிடைஆடி (H) மீது பட்டு, மீண்டும் எதிரொளித்து E யை அடைகிறது.

எதிரொளி விதியின்படி படுகோணமும், விரிகோணமும் சமம்.

குறிஆடி (I) யில் $\angle IPZ = \angle PIZ_1 = \theta$

$$\therefore \angle PSH = 180 \cdot 2\theta$$

கிடைஆடி (H)யில் $\angle IHY = \angle PHY = \phi$

$$\therefore \angle PHI = 180 - 2\phi$$

$\angle HXZ =$ ஆடிகளின் இடைக்கோணம் $= \lambda$ ஆக இருக்கட்டும்.

$\triangle PHI$ யில் $\angle HPI = 90^\circ$ செங்கோண முக்கோணம். இதில் மூன்று கோணங்களின் கூட்டுத்தொகை

$$\angle HPI + \angle PIH + \angle PHI = 180^\circ$$

$$\therefore 90^\circ + (180 - 2\theta) + (180 - 2\phi) = 180$$

அல்லது $\theta + \phi = \frac{270}{2} = 135^\circ$

HIX முக்கோணத்தில்

$$\angle IHY + \angle HIZ + \angle HXI = 180^\circ$$

$$\phi + \theta + \lambda = 180^\circ$$

$$\theta + \phi = 135^\circ$$

எனவே $\lambda = 180 - 135 = 45^\circ$.

இரண்டு ஆடிகளுக்கிடையில் உள்ள கோணம் 45°. இது செங்கோணத்தில் பாதி ஆகும்.

கண்ணுடிச் செங்கோணளவியைப் பயன்படுத்தும் முறை :

(1) ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளி D யின் குத்தான் பாதம், நெடுங்கோடு ABயில் விழும் இடம் காண, பார்ப்பவர் தனது கையில் செங்கோணளவியைக் கண்மட்டத்தில் பிடித்துக்கொண்டு,

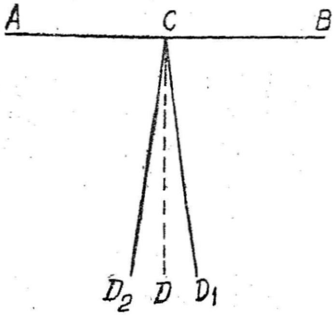
சங்கிலியின்மேல் B யை நோக்கி முன்னேறுகிருர். கண்ணுடிக் கட்டத்தின் கிடைஆடி ரசமில்லாப் பகுதியில் Bயின் உருவமும், ரசமிட்ட பகுதியில் Dயின் உருவமும், இரண்டும் ஒரே கோட்டில் தெரியும்வரை முன்னேறி, அந்தப் புள்ளியை நிலத்தில் இறக்கிக் கொள்கிருர்.

குத்தான் எடுக்கவேண்டியடி பொருள் கோட்டின் வலது பக்கம் இருந்தால் கருவியை இடதுகையிலும், வலது பக்கம் இருந்தால் இடது கையிலும் பிடித்துக்கொள்ளலாம். இடது பக்கம் இருக்கும்போது கருவியைத் தலைகீழாகப் பிடித்துக் கொள்ளலாம்.

(2) நெடுங்கோட்டில் ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியிலிருந்து குத்தான் வரைய அப்புள்ளியின்மீது அளவையாளர் நின்று கொண்டு ரசமில்லாப் பகுதியில் Bயை நோக்குகிருர். தன் உதவி யாளரை குத்தான் வேண்டிய பக்கத்தில் கையில் நேர்காண் கம்புடன் நின்றுகொண்டு முன்னும் பின்னும் நகரச் சொல்கிருர். அப்போது கிடைஆடியின் ரசமிட்ட பகுதியில் நேர்காண் கம்பு, Bயின் பிம்பத்திற்கு நேராகத் தெரியும்போது உதவியாளரை நிற்குமாறு பணித்து அந்த இடத்தைக் குறித்துக்கொள்கிருர். இதுவே தேவையான குத்தான் ஆகும்.

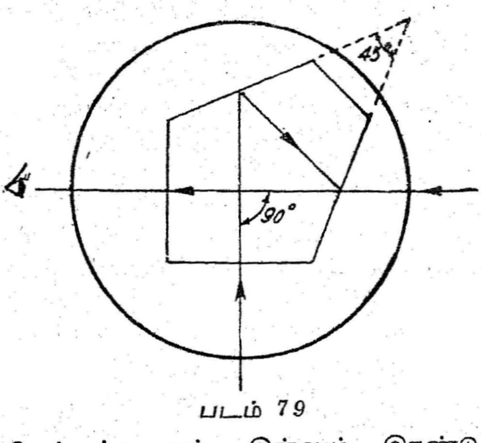
இக்கருவியை எப்போதும் கிடைமட்டமாகவே பயன்படுத்த வேண்டும். சாய்வு நிலங்களில், இருபக்க நேர்காண் கம்புகளும் மேட்டிலும் பள்ளத்திலும் இருக்குமாதலால், அப்போது கருவியைக் கிடைமட்டத்தில் பயன்படுத்த இயலாது. நிலத்தின் சாய்வு சீராக இருந்தால் அதே சாய்வில் கருவியைச் சாய்த்து குத்தான் எடுக்கலாம். ஆனுல் அப்போது கருவியின் செங்கோணம் கிடைமட்டத்திற்கு வீழ்த்தும்போது செங்கோணமாக இருக்காது. ஆதலால் நெடுங்கோட்டிலும் குத்தானிலும் நேர்காண் கம்புகளை கருவியிலிருந்து சுமார் 20 அல்லது 30 மீட்டர் நீளத்திற்குள் வைத்துக்கொண்டால் மேடுபள்ள வேறுபாடு குறைந்திருக்கும். ஒரு கிடைமட்டத்தில் இருகம்புகளும் பார்வைமட்டத்தில் இருக்கும். அப்போது கருவியில் குத்தான் எடுக்கலாம். கண்ணுடிச் செங்கோணளவியை சமதளமான நிலங்களில்மட்டும் பயன்படுத்துவது நல்லது. சாய்வு நிலத்தில் கூட, சங்கிலிக் கோடோ, அல்லது குத்தான் கோடோ ஏதாவது ஒன்று சமதளத்தில் இருந்தால் கூட சரியான செங்கோணம் கிடைக்கும் என்பதை நினைவில் வைத்துக்கொள்ள வேண்டும்.

கண்ணாடிச் செங்கோணளவியைச் சரிபார்த்து உறுதி செய்தல் (படம் 78): சுமாரான சமதளத்தில் ACB என்ற நேர்க்கோடு அமைத்துக்கொள்க. C புள்ளியில் நின்று கொண்டு கருவியில் B புள்ளியைப் பார்த்துக்கொண்டே, ஒரு செங்கோணம் அமைத்து D_1 புள்ளியைக் குறித்துக்கொள்க. பின்னர் கருவியை மறுகையில் தலைகீழாக பிடித்துக்கொண்டு A புள்ளியைக் கண்டுகொண்டே D_1 புள்ளியையும் காண்க. கருவியில் கண்ணாடிகள் 45 பாகையில் இல்லையானால் D_1 தெரியாது. அதனால் தற்போது தெரியும் புதிய புள்ளி D_2 ஐ குறித்துக்கொள்க, D_1 D_2 இரண்டிற்கும் நடுப்புள்ளி Dயைக் குறித்துக்கொள்க. C புள்ளியில் நின்றுகொண்டு, A புள்ளியைப் பார்த்துக்கொண்டே, அத்துடன் D புள்ளியும் தெரியும் வரை, குறிஆடியை அதன் சாவியால் சரிசெய்யவும். பின்னர் B புள்ளியைப் பார்த்துக்கொண்டே D புள்ளி தெரிகிறதா என உறுதி செய்துகொள்க. அவ்வாறு D புள்ளி தெரியவில்லையானால், இதே முறையை மீண்டும் மீண்டும் தொடர்ந்து செய்து கருவியைச் சரிசெய்துகொள்க.



படம் 78

பட்டகக் கண்ணாடி செங்கோணளவி (படம் 79) : இரண்டு ஆடிகளை 45 பாகையில் வைத்திருப்பதற்குப் பதிலாக இரண்டு

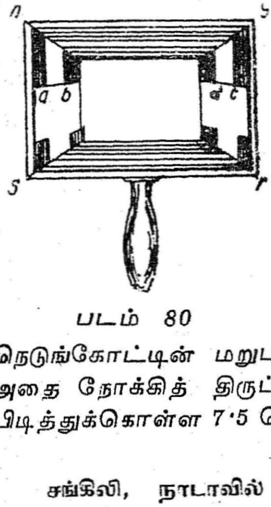


படம் 79

பக்கங்கள் செங்குத்தாகவும், இன்னும் இரண்டு பக்கங்கள் தங்களுக்கிடையில் 45 பாகை கொள்ளுமாறு உள்ள ஐம்பட்டைக் கண்ணாடியபல் (முப்பட்டைக் கண்ணாடியில் இருமுனைகள் செதுக்கப்

பட்டுள்ளன) ஆனது பட்டைக் கண்ணுடிக் கட்டம் ஆகும். இதை அடிக்கடி சரிசெய்ய வேண்டியதில்லை; உள்ளே தூசு படிவதில்லை. மங்கலான வெளிச்சத்தில் கூடத் தெளிவாகத் தெரியும். குத்தான் எடுக்க, நெடுங்கோட்டின்மேல் நின்றுகொண்டு, கண்ணுயரத்தில் கையால் பிடித்துக்கொண்டு *B* புள்ளியைப் பார்த்துக்கொண்டே முன்னும் பின்னும் நகர்ந்தால், குத்தான் பொருள் *D* யின் பிம்பம், *B* யின் பிம்பத்தின்மேலே விழுந்து ஒன்ருகத் தெரியும். அந்த இடமே குத்தானின் பாதம் ஆகும்.

இந்தியக் கண்ணுடிச் செங்கோணளவி : இது மிக எளியவகைச் செங்கோணளவி ஆகும். இதில் இருகண்ணுடிகள் முனையிழந்த ஆப்பு வடிவத்தில் அமைந்துள்ளன. இரண்டு பக்கங்களும் 45 பாகை சாய்வில் அமைந்திருக்கும் (அதனுல் அவற்றிற்கு இடைக் கோணம் 90 பாகை ஆகும்). அதன் இரண்டு சாய்ந்த பக்கங்களிலும் அடியில் ஒரு ரசம்பூசிய கண்ணுடி உள்ளது. மேற் பகுதி வெற்றுத்துளை. ஒரு பக்கத்துத்துளை வழியாகப் பார்த்தால், மறுபக்கத்தின் கண்ணுடியும், துளையும் தெரியும். நெடுங் கோட்டில் நின்றுகொண்டு துளைவழி யாக *B*யையும், ஆடி வழியாக குத்தான் கம்பு *D* யின் பிம்பத்தையும் காணலாம். இரண்டும் ஒரே கோட்டில் தெரியும் இடமே சரியான குத்தான் பாதம் ஆகும்.



படம் 80

நெடுங்கோட்டின் மறுபக்கம் உள்ள பொருள்களுக்கு, கருவியை அதை நோக்கித் திருப்பிக்கொண்டால் போதும். கருவியைப் பிடித்துக்கொள்ள 7·5 செமீ நீளக் கைப்பிடி உண்டு.

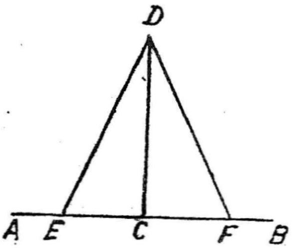
சங்கிலி, நாடாவில் குத்துக்கோடு : பெரும்பாலான நேரங் களில் தனிக்கருவிகள் ஏதும் கிடைக்காது. கைவசமுள்ள சங்கிலி, நாடாக்களையே பயன்படுத்தி செங்கோணம் அமைக்க வேண்டும். செங்கோண முக்கோணங்களின் தன்மைகளை அறிந்துகொண்டு, எளிதாக அமைக்கலாம்.

நெடுங்கோட்டில் ஒரு புள்ளியின்மீது குத்துக்கோடு வரைதல் :

(1) நீண்டு கிடக்கும் சங்கிலியில், குத்துக்கோடு வரைய வேண்டிய புள்ளி *C* க்கு இருபக்கமும் சமதூரத்தில் *EF* புள்ளிகளைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்க. நாடாவின் ஒரு முனையை *E*யில் பிடித்துக்கொண்டு, வசதியான நீளம் எடுத்துக்கொண்டு மறு முனையை *F* இல் வைத்துப் பிடித்துக்கொண்டு எடுத்துக்கொண்ட

நீளத்தின் நடுப்புள்ளியை இழுத்து D புள்ளியைக் குறிக்கலாம். CD கோடுதான் குத்துக்கோடு.

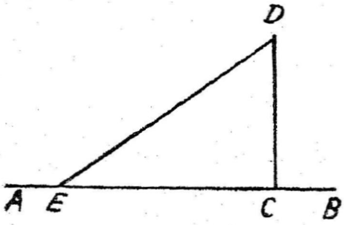
மாறாக, E விருந்தும், Fவிருந்தும் ஒரே நீளம் நாடாவில் வைத்து வில் அடித்து, அவ்வில்கள் வெட்டும் இடத்தில் D யைக் குறித்துக் கொள்ளலாம்.



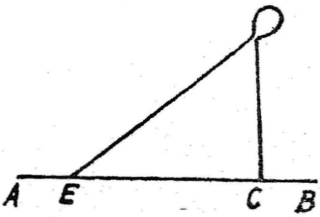
படம் 81

குத்துக்கோட்டை நெடுந்தூரத்திற்கு, நீட்ட வேண்டியிருந்தால், நெடுங்கோட்டின் மறுபக்கம் இதே போல D^1 புள்ளியைக் கண்டு பிடித்துக்கொண்டு, DD^1 என்ற நீளமான கோட்டை அடிப்படையாக வைத்துக்கொள்ளலாம்.

(2) 3, 4, 5 அலகுகள் கொண்ட முக்கோணம் செங்கோண முக்கோணம் ஆகும். சங்கிலியில் EC யின் இடைதூரம் 4 மீ வைத்துக்கொள்க. நாடாவின் ஒரு முனையை E யில் வைத்துக் கொண்டு, C யில் 8 மீட்டரை வைத்துக்கொண்டு, 3 மீட்டரில்



படம் 82 a

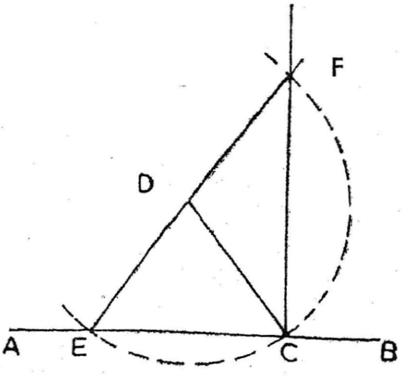


படம் 82 b

இழுத்துப் பிடித்தால் D கிடைக்கும். இதில் CD குத்துக்கோடு ஆகும் (படம் 82a). இரும்புப்பட்டையாக இருந்தால் Dயில் மடித்துப்பிடிக்க இயலாது. அதனால் E யில் நாடாவின் ஒரு முனையையும் C யில் 9 மீட்டரையும், D யில் ஒரு வளையமிட்டு 3, 4 ஆகிய இரண்டு மீட்டர் புள்ளிகளையும் சேர்த்துப் பிடித்துக் கொள்ளலாம் (படம் 82b).

முக்கோணத்தின் பக்கங்கள், முழு எண்களாக இருக்கும் போது, $(2n + 1)$, $2n(n + 1)$, $(2n^2 + 2n + 1)$ என்ற விகிதத்தில் அதன் பக்கங்கள் இருந்தால் அவை செங்கோண முக்கோணமாக அமையும் என்பதை நினைவில் கொள்ளவேண்டும். அதில் 3, 4, 5 வரிசையும் 20, 21, 29 வரிசையும் குத்துக்கோடு அமைக்க வாய்ப்பான அளவுகளாகும்.

(3) *ED* யின் நீளம் நாடாவின் நீளத்திற்குள் இருக்குமாறு வைத்துக்கொண்டு, *D* யைத் தேர்ந்தெடுத்து அதிலிருந்து ஒரு



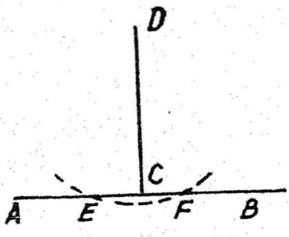
படம் 83

வட்டவில் வரைந்தால் அது *ED* யின் நீட்சியை வெட்டுமிடத்தில் *F* கிடைக்கும். *CF* குத்துக்கோடு ஆகும் (படம் 83).

வெளியே உள்ள ஒரு புள்ளியிலிருந்து நெடுங்கோட்டின் மீது குத்துக்கோடு வரைதல்

I. புள்ளிக்குச் செல்ல முடியும்போது

(a) *AB* என்ற நெடுங்கோட்டிற்கு *D* என்ற புள்ளியிலிருந்து ஒரு குத்துக்கோடு வரையவேண்டுமென வைத்துக்கொள்வோம்.



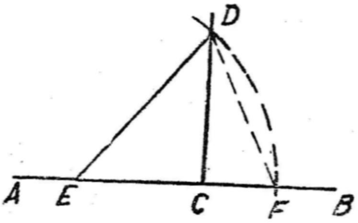
படம் 84

D யை மையமாக வைத்துக்கொண்டு ஒரு வசதியான நீளத்தை ஆரமாக எடுத்துக்கொண்டு, நெடுங்கோட்டில் *E*, *F* என்ற இடங்களில் வெட்டுமாறு ஒரு வட்ட வில் வரைந்துகொள்க. *EF* தூரத்தை அளந்து அதன் நடுப்புள்ளி *C* யை கண்டுகொள்க. இதில் *DC* தான், தேவைப்படும் குத்துக்கோடு ஆகும் (படம் 84).

(b) நெடுங்கோடு *AB* யில் ஏதாவது ஒரு வசதியான புள்ளி *E* யை தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்க. (85 ஆம் படம்) *E* யை மையமாக வைத்து *ED* யை ஆரமாகக் கொண்டு ஒரு வில் வரைக. *AB* யில் அவ்வில் *F* என்னுமிடத்தில் வெட்டும். *C* என்பது குத்துக்-

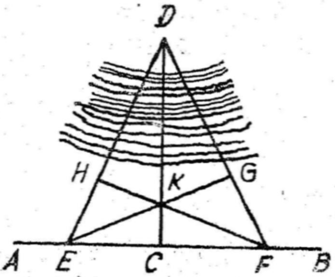
கோட்டின் பாதமானுல், $FC = \frac{FD^2}{2DE}$ or $\frac{FD^2}{2EF}$ இதைக் கணக்கிட்டு, F லிருந்து அளந்து C யைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

(c) 83ஆம் படத்தில் ABயில் ஒரு வசதியான புள்ளி E யை எடுத்துக்கொண்டு, DE இரண்டாகப் பிரித்து நடுப்புள்ளி F-ஐ குறித்துக்கொள்க. F-ஐ மையமாக வைத்து $FD = FE$ ஐ ஆரமாக வைத்து ஒரு வில் வரைந்தால், அவ்வில் AB யில் வெட்டுமிடம் C. அதுவே குத்துக் கோட்டின் பாதம் ஆகும்.



படம் 85

II. புள்ளிக்குச் செல்ல முடியாத போது : அடையமுடியாத புள்ளி D என வைத்துக்கொள்வோம். AB நெடுங் கோட்டில் E, F என்ற இரு வசதியான புள்ளிகளை எடுத்துக்கொள்க. E யிலிருந்து DF க்கு ஒரு குத்துக் கோடும் F லிருந்து ED க்கு ஒரு குத்துக் கோடும் வரைந்தால், அவ்விரு கோடுகளும் K என்னுமிடத்தில் வெட்டிக்கொள்ளும். KD புள்ளிகளைப் பார்த்து AB நெடுங் கோட்டில் C புள்ளியிலிருந்து AB க்கு ஒரு குத்துக்கோடு வரைந்து C யைக் கண்டுபிடித்துக்கொள்க. CK ஐ நீட்டினுல் அது D வழியாகச் செல்லும் (படம் 86).

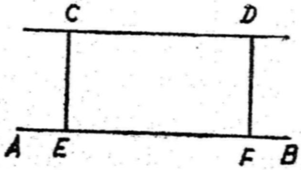


படம் 86

நெடுங்கோடு ஒன்றிற்கு, இன்னெரு புள்ளி வழியாக இணைகோடு வரைதல்

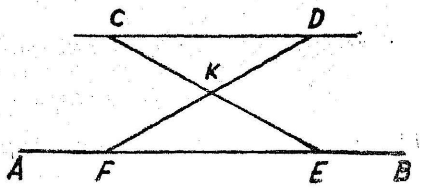
I புள்ளியை அடைய முடிந்தபொழுது

(a) AB என்ற நெடுங்கோட்டிற்கு C வழியாக இணைகோடு வரைய, Cயிலிருந்து குத்துக்கோடு வரைந்து E யைக் கண்டுபிடித்து CE யை அளந்துகொள்க. பிறகு AB நெடுங்கோட்டில் வசதியானஇன்னெரு புள்ளி Fஐ எடுத்துக்கொண்டு அதிலிருந்து ஒரு குத்துக் கோடு வரைந்து $CE = FD$ ஆகுமாறு D ஐக் குறித்துக் கொள்க. CD வழியாகச் செல்லும் கோடு AB க்கு இணைகோடாகும் (படம் 87).



படம் 87

(b) AB நெடுங்கோட்டில் இரண்டு வசதியான புள்ளிகள் F, E தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்க. CE யை அளந்து, பகிர்ந்து நடுப்



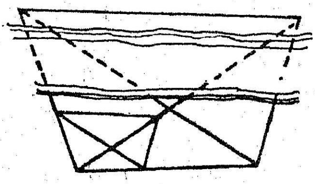
படம் 88

புள்ளி K யைக் கண்டுபிடித்துக்கொள்க. பின் FK யை நீட்டி $FK = KD$ ஆக இருக்குமாறு K ஐ கண்டுபிடித்துக்கொள்க. இப்போது CD வழியாகச் செல்லும் நேர்க்கோடு ABக்கு இணை கோடாகும் (படம் 88).

II. புள்ளியை அடைய முடியாதபோது

AB நெடுங்கோட்டிலிருந்து, C புள்ளியின் குத்துக்கோட்டுப் பாதத்தை (E)யைக் கண்டு பிடித்துக்கொள்க. அடையமுடியாத புள்ளியின் தூரத்தைக் கண்டுபிடிக்கும் பல்வேறு முறைகளில் ஒன்றின்மூலம் EC தூரத்தைக் கண்டுபிடித்துக்கொள்க. AB யில் வசதியான புள்ளி F ஐ தேர்ந்தெடுத்து அதிலிருந்து குத்துக் கோடு வரைந்து $FD = CE$ வைத்து D யைக் குறித்துக்கொண்டு, D யிலிருந்து Cயைப் பார்த்து இணைகோடு வரைந்துகொள்ளலாம்.

அடைய முடியாத ஒரு கோட்டிற்கு, வேறு ஒரு புள்ளிமூலம் இணைகோடு வரைதல்: AB என்பது அடைய முடியாத கோடு C வழியாக இணைகோடு ஓட்ட வேண்டும். AC வழியாக E என்ற வசதியான புள்ளியை எடுத்துக் கொள்க. இன்னொருவசதியானபுள்ளி F தேர்ந்தெடுத்துக்கொண்டு AE க்கு இணையாக, C வழியாக CG என்ற இணைகோடு வரைந்துகொள்க. CE க்கு இணையாக GD என்ற நேர்க் கோடு வரைந்து EB ஐ வெட்டுமிடம் (D) கண்டுபிடித்துக் கொள்க. CD தான் தேவையான இணைகோடாகும் (படம் 89).



படம் 89

நீட்டல் அளக்கையில் தடங்கல்கள்: காடு, மலை, ஏரி, குளம், ஆறு, கட்டிடங்கள்போன்ற பல தடங்கல்களும், தடைகளும், நீட்டல் அளவையில் இடைவரலாம். எப்படி இருந்தாலும் நேர்க்

கோட்டில் அளப்பது இன்றியமையாதது. தடங்கலை மீறி அளவைத் தொடர பல வழிகள் உள்ளன. தடங்கல்களை மூன்று வகையாகப் பிரிக்கலாம்.

(1) அளக்க முடிந்து, பார்க்க இயலாதவை.

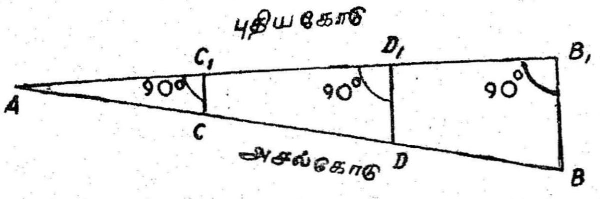
(2) பார்க்க முடிந்து, அளக்க முடியாதவை.

(3) பார்க்கவும் முடியாமல், அளக்கவும் முடியாமல் இருப்பவை.

I, **பார்க்கமுடியாமல் அளக்க முடிந்தவை :** இடையில் வரும் மேடுகள், குன்றுகளால் இரண்டு நிலையங்கள் ஒன்றுக்கொன்று தெரியாது; ஆனால் அளந்துகொண்டே செல்லலாம். இதிலும் இரண்டு வகை. இடைநிலையம் ஒன்றிலிருந்து இரண்டு முனை நிலையங்களும் தெரியக்கூடியவை ; தெரியாதவை.

முதல் வகையை முன்னரே விவரித்தபடி (பக்கம் 59 படம் 40 *a,b*) அளக்கலாம். பிற நேரமைவு (reciprocal ranging) முறையில் நேர்க்கோடு அமைத்து எளிதில் அளக்கலாம்.

இரண்டாம் வகை : செடி, கொடிகள், காடுகள் இடையில் இருந்தாலும் முனைநிலையங்களைப் பார்க்க இயலாது. அதை அளக்க புதுக் கோட்டுமுறை (random line method) யைப் பின்பற்றலாம். படம் 90 காண்க. *AB* என்பது அளக்கவேண்டிய



படம் 90

கோடு. *B*க்கு அருகில், *A* யிலிருந்து தெரியக்கூடிய B_1 என்ற புள்ளியைத் தேர்ந்தெடுத்து, AB_1 என்ற கோட்டை அமைத்து, *B* யின் குத்துக்கோட்டுப் பாதம் B_1 இருக்குமாறு வைத்துக் கொள்ளலாம். AB_1, BB_1 நீளம் தெரிந்தால், $AB = \sqrt{AB_1^2 + BB_1^2}$ *AB* கோட்டில் நிறைப்புள்ளிகள் தேவைப்படும்போது, AB_1 கோட்டில் C_1 புள்ளியை அளந்துகொண்டு, C_1 யிலிருந்து AB_1 க்குக் குத்துக்கோடு வரைந்து அதில் *C* யைக் குறிக்கலாம்.

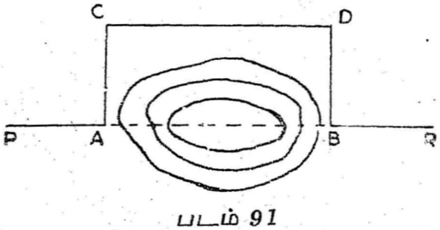
இதில் $CC_1 = \frac{AC_1}{AB_1} \times BB_1$ · CC_1 கோட்டின் நேர் செடி, கொடிகளை வெட்டி, இடம் செய்துகொண்டு C யைக் குறிக்கலாம். இதே முறையில் பல புள்ளிகளை AB யில் குறிக்கலாம்.

2. பார்வையில் தெரிந்து, அளக்க முடியாதவை : ஆறு, குளம், ஓடை, இளம்பயிர் உள்ள வயல்கள் போன்றவற்றில் நிலையங்களைக் கண்ணால் காணலாம். ஆனால் சங்கிலி இழுத்து அளக்க முடியாது. இத்தகைய தடைகளை இரண்டு வகையாகப் பிரிக்கலாம்.

முதல் வகை : தடைகளைச் சுற்றி அளக்கமுடிந்தவை, சான்றாக, முட்புதர், குளக்கரை, ஆற்றுவளைவு போன்றவை.

இரண்டாம் வகை : தடையைச் சுற்றி அளக்கமுடியாத இடங்கள் சான்றாக, ஆறு, ஓடை போன்றவை.

முதல் வகைத் தடைகளை கடந்து அளக்க பல முறைகள் உள்ளன. அவை வருமாறு :

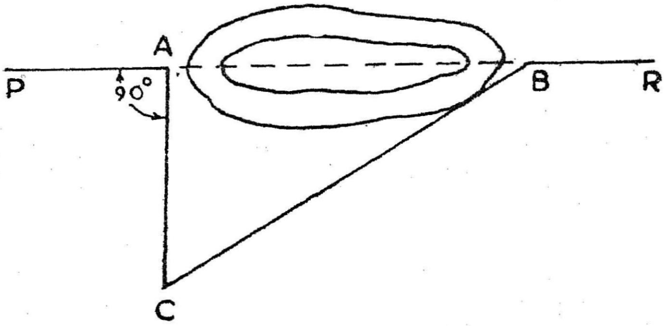


படம் 91

(a) அளக்கைக் கோடு (*PR*) மீது (படம் 91) தடையை அடுத்து AB என்ற புள்ளிகளைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்க. AB யிலிருந்து AC, BD என்ற குத்துக்கோடுகளை முன்னர் விவரித்தபடி வரைந்து $AC = BD$ சமமாக இருக்கும்படி அளந்து வைத்து CD யை அளந்துகொள்ளலாம். இப்போது $CD = AB$ ஆகும்.

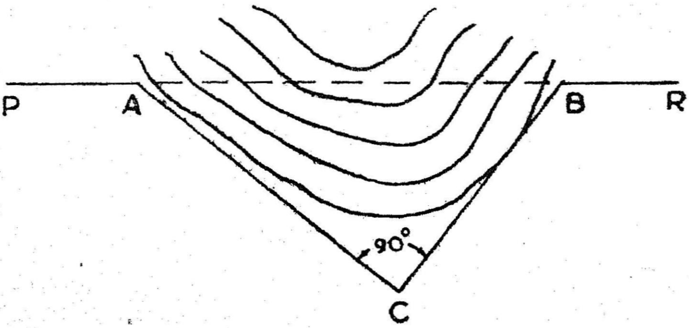
(b) படம் 92 இல் நெடுங்கோடு PR இல் AB யைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்க. A யில் தொடங்கி PR க்கு ஒரு செங்குத்துக் கோடு வரைக. தடைக்கு அப்பால் BC யை அளக்கமுடிந்த இடமாகப் பார்த்து C யைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்க. இப்போது $AB = \sqrt{(BC^2 - AC^2)}$

(c) நெடுங்கோடு *PR* இல் (படம் 93) *A* புள்ளியைத் தேர்ந்தெடுத்து அளக்கும் வகையில் *AC* கோடு வரைந்துகொள்க. *AC*க்கு



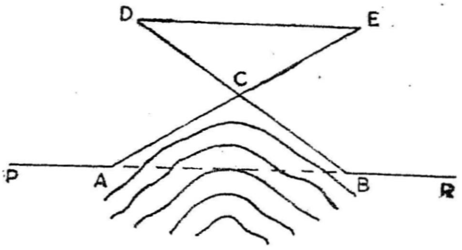
படம் 92

செங்கோணத்தில் *C* யிலிருந்து வரைந்து *PR* நெடுங்கோட்டை *B* யில் வெட்டுக. *AC*, *CB* ஆகியவற்றை அளந்துகொள்க. $AB = \sqrt{AC^2 + CB^2}$



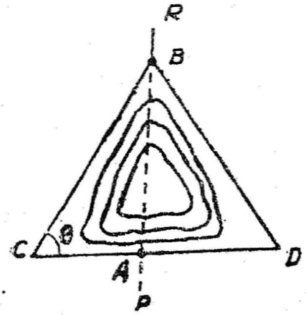
படம் 93

(d) *PR* நெடுங்கோட்டில் (படம் 94) *AB* என்ற புள்ளிகளைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்க. தடையின்றி அளக்கும் வகையில் *C* யைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொண்டு *AC* யை இணைத்து நீட்டி *AC* = *CE* ஆக இருக்குமாறு *E* புள்ளியைக் குறித்துக்கொள்க. அதேபோல *BC* = *CD* ஆக இருக்குமாறு *D* புள்ளியைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்க. *CDE* முக்கோணமும் *CBA* முக்கோணமும் சமமானவை. ஆதலால் *AB* = *DE* ஆகும். *DE* ஐ அளந்து *AB*யை அறியலாம்.



படம் 94

(e) நெடுங்கோடு PR இல் (படம் 95) AB புள்ளிகளைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்க. CB, CD கோடுகள் தடையின்றி அமையுமாறு CAD கோடு அமைத்துக்கொள்க. AC, AD, CB, DB ஆகிய கோடுகளை அளந்து கொள்க. அளக்கமுடியாத AB யின் நீளத்தைக் கணக்கிட்டு அறியலாம்.



படம் 95

BCD கோணம் θ என வைத்துக் கொள்க.

BCD முக்கோணத்தில்,

$$DB^2 = CB^2 + CD^2 - 2\,CB \times CD \cos\theta$$

அல்லது $$\cos\theta = \frac{CB^2 + CD^2 - DB^2}{2\,CB \times CD} \quad \ldots\ldots(i)$$

அதே போல BCA முக்கோணத்தில்

$$AB^2 = CB^2 + CA^2 - 2\,CB \times CA \cos\theta$$

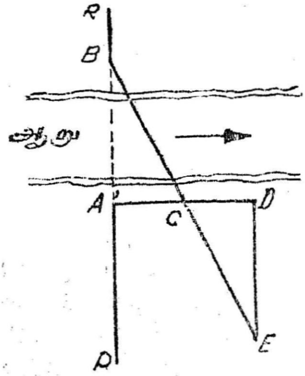
அல்லது $$\cos\theta = \frac{CB^2 + CA^2 - AB^2}{2\,CB \times CA} \quad \ldots\ldots(ii)$$

இரண்டையும் சமப்படுத்தினால்

$$\frac{CB^2 + CD^2 - DB^2}{2\,CB \times CD} = \frac{CB^2 + CA^2 - AB^2}{2\,CB \times CA}$$

எனவே, $$AB = \sqrt{\frac{CB^2 \times AD + DB^2 \times AC}{CD} - AC \times AD}$$

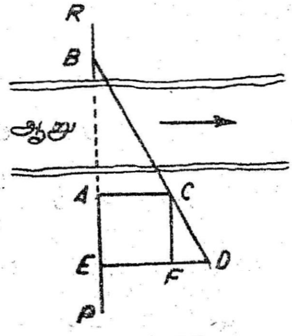
இரண்டாம் வகைத் தடைகள் : ஆறு ஒன்று குறுக்கிடும்போது இந்நிலைமை ஏற்படுகிறது. ஆற்றின் அகலம் காணப் பலமுறைகள் உள்ளன. அவை வருமாறு.



படம் 96

(a) PR நெடுங்கோட்டில் (படம் 96) ஆற்றின் இருகரையிலும் இருக்குமாறு AB புள்ளிகளைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்க. A யிலிருந்து ஒரு குத்துக் கோடு AD வரைந்து, அதை இரண்டாக்கி C யைக் குறித்துக் கொள்க. D யிலிருந்து ஒரு குத்துக்கோடு வரைந்து, BC புள்ளிகளை நோக்கி E யைக் கண்டுபிடித்துக் கொள்க. இப்போது $AB = DE$ ஆகும்.

(b) PR நெடுங்கோட்டில் (படம் 97) ஆற்றின் இருகரையிலும் இருக்குமாறு AB புள்ளிகளைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்க. AE ஒரு குறிப்பிட்ட நீளமாக வைத்துக் கொண்டு E புள்ளியைக் குறித்துக் கொள்க. A, E புள்ளிகளிலிருந்து குத்துக்கோடுகள் வரைந்து B, C, D ஒரே நேரில் இருக்குமாறு குறித்துக் கொள்க. Cயிலிருந்துஒரு குத்துக்கோடு வரைந்து ED யில் F புள்ளியைக் குறித்துக்கொள்க. இப்போது ABC முக்கோணமும், CFD முக்கோணமும் ஒரே மாதிரியானவை.



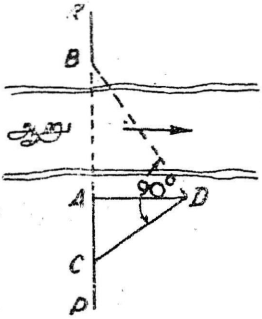
படம் 97

$$\frac{AB}{AC} = \frac{CF}{FD}$$ இதில் $CF = AE$, $FD = ED - AC$

எனவே, $\frac{AB}{AC} = \frac{AE}{ED - AC}$ அல்லது $AB = \frac{AC \times AE}{(ED - AC)}$

(c) PR நெடுங்கோட்டில் (படம் 98) ஆற்றின் இருகரையிலும் இருக்குமாறு AB புள்ளிகளைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்க. Aயிலிருந்து ஒரு குத்துக்கோடு வரைந்து Dயைக் குறித்துக்கொள்க.

BD க்கு செங்கோணமாக D யிலிருந்து ஒரு குத்துக்கோடுவரைக. அது PR நெடுங்கோட்டை வெட்டுமிடம் C. இப்பொழுது ABD முக்கோணமும் ACD முக்கோணமும் ஒரேமாதிரியானவை.

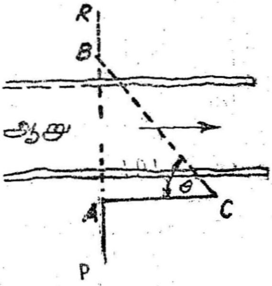


படம் 98

$$\frac{AB}{AD} = \frac{AD}{AC}$$

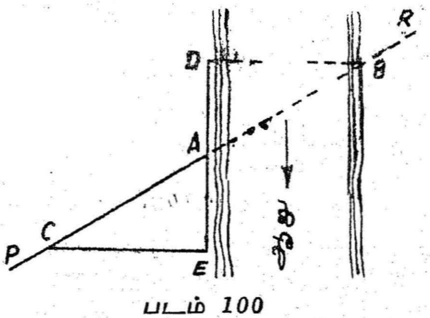
எனவே, $AB = \dfrac{AD^2}{AC}$

(d) கடற்கோணமானி கிடைத்தால் கீழ்க்கண்ட முறையைப் பின்பற்றலாம். PR நெடுங்கோட்டில் (படம் 99) ஆற்றின் இரு பக்கமும் A, B புள்ளிகளைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்க. Aயிலிருந்து குத்துக்கோடு வரைந்து C புள்ளியைக் குறித்துக் கொள்க. ABC முக்கோணம் நல்லுரு முக்கோணமாக அமைந்திருத்தல் வேண்டும். C யிலிருந்து $\angle ACB$ கோணத்தை கடற்கோணமானியால் அளந்து கொள்க (θ). AC நீளத்தையும் அளந்து கொள்க. $AB = AC \tan\theta$.



படம் 99

(e) அளக்கைக்கோடு ஆற்றைச் சாய்வாகக் கடக்கும்போது இந்த முறை (படம் 100) பயன்படுகிறது. நெடுங்கோடு PR இல் ஆற்றின் இருகரையிலும் A, B இருக்குமாறு தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்க.

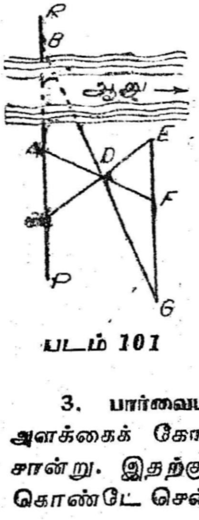


படம் 100

A வழியாக DAE கோடு வரைக. B யிலிருந்து DE க்கு குத்துக் கோடு வரைந்துகொள்க. DA = AE ஆக இருக்குமாறு E யிலிருந்து

குத்துக்கோடு EC வரைக. BDA முக்கோணமும், AEC முக்கோணமும் முழுச் சம முக்கோணங்களாகும், அதனுல் AB = AC. ACஐ அளந்து AB அறியலாம்.

மாற்று முறை : 'நெடுங்கோடு PR இல் ஆற்றின் ஒரு கரையில் A தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்க. வசதியான கோணத்தில் DA = AE ஆக இருக்குமாறு கோடு வரைந்துகொள்க. D, E புள்ளிகளிலிருந்து DAE க்குக் குத்துக் கோடுகள் வரைந்து அவை PR நெடுங்கோட்டில் B யிலும், E யிலும் வெட்டும். BA = AC. ACஐ அளந்து ABஐ யைக் கண்டுபிடி.

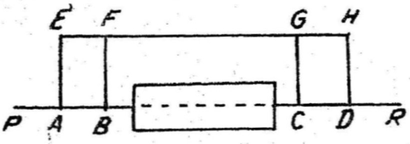


படம் 101

(f) PR நெடுங்கோட்டில் C, A, B ஆகிய புள்ளிகளைப் (படம் 101 இல்) காட்டியபடி தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்க. ஏதாவது ஒரு புள்ளி D யைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்க. AD = DF இருக்குமாறு Fஐயும் CD = DE இருக்குமாறு E ஐயும் அளந்து குறித்துக்கொண்டு EF கோட்டை நீட்டிக்கொள்க. EF கோட்டில் BD வழியாக நேர்க்கோடு அமைத்தால் அது G யில் வெட்டும். AB = FG. FGஐ அளந்து ABஐ அறியலாம்.

3. **பார்வையிலும் படாமல் அளக்கவும் முடியாமல் இருப்பவை :** அளக்கைக் கோட்டின் குறுக்கே வரும் கட்டிடங்கள் இதற்குச் சான்று. இதற்கு, கோடுகளைத் தடைகளுக்கு அப்பாலும் நீட்டிக் கொண்டே சென்று அளக்கவேண்டும்.

(a) PR நெடுங்கோட்டில், (படம் 102) தடையின் முதல் பக்கத்திலேயே AB புள்ளிகளைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்க.

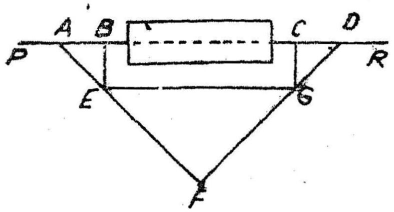


படம் 102

அவற்றிலிருந்து குத்துக்கோடுகள் வரைந்து AE = BF இருக்குமாறு EF, புள்ளிகளைக் குறித்துக்கொள்க. EF புள்ளிகளை இணைத்து நீட்டி, தடைகளுக்கு அப்பால் G. H புள்ளிகளைக் குறித்துக்கொள்க. G, H புள்ளிகளிலிருந்து குத்துக்கோடுகள்

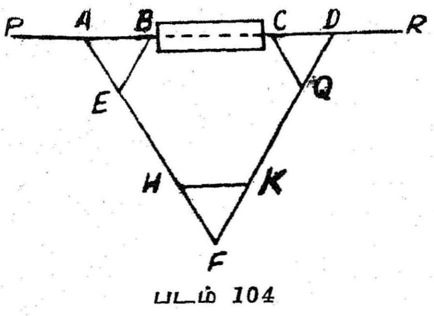
வரைந்து $GC = HD = AE$ இருக்குமாறு CD புள்ளிகளைக் குறித்துக் கொள்க. இவை PR நெடுங்கோட்டில் இருக்கும் $FG = BC$. FGஐ அளந்து BCஐ அறியலாம். குத்துக்கோடுகளைச் சரியாக அமைப்பதிலும், கோடுகளின் நீளங்களை துல்லியமாக அளப்பதிலும் அதிகக் கவனம் செலுத்தவேண்டும்.

(b) PR நெடுங்கோட்டில் (படம் 103) B என்ற புள்ளியைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொண்டு BE என்ற குத்துக்கோடு வரைக. $BE = BA$ இருக்குமாறு PB யில் A புள்ளியைக் குறி. AE யை இணைத்து F வரை நீட்டுக. கண்ணாடிச் செங்கோணளவி ஒன்றின் உதவிகொண்டு F இல் AF க்கு ஒரு குத்துக் கோடு வரைக. $AF = FD$ இருக்குமாறு Dயைக் குறித்துக் கொள்க. $EF = FG$ இருக்குமாறு G யைக் குறித்துக் கொள்க. AB நீளத்தை ஆரமாக வைத்துக்கொண்டு, Gயை மையமாக வைத்து ஒரு வில்லும், Dயை மையமாக வைத்து ஒரு வில்லும் வரைந்து விற்கள் வெட்டுமிடம் C ஆகும். CD யை நீட்டினால் அது PR நெடுங்கோட்டில் அமையும். $EG = BC$. EG யை அளந்து BC யை அறியலாம்.



படம் 103

(c) PR நெடுங்கோட்டில் (படம் 104) A, B இரண்டு புள்ளிகளைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்க. AB தூரத்தை ஆரமாக வைத்து A, B புள்ளிகளை மையமாக வைத்துக்கொண்டு இரண்டு வில் வரைந்து வெட்டி E யைக் கண்டுபிடித்துக்கொள்க. AE யை நீட்டி,



படம் 104

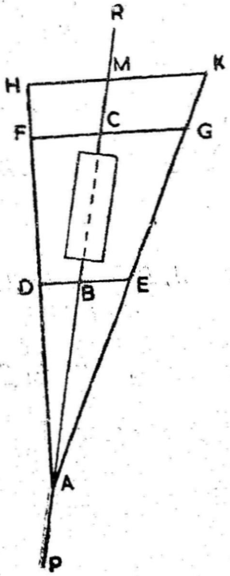
F புள்ளியைக் கண்டுபிடித்துக்கொள்க. AF கோட்டில் ஏதாவதொரு புள்ளி(H) தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்க. F, H புள்ளிகளை மையமாக வைத்துக்கொண்டு, FH தூரத்தை ஆரமாக வைத்து

இரண்டு வில் வரைந்து வெட்டி K புள்ளியைக் கண்டுபிடித்துக் கொள்க. FK யை நீட்டி $AF = FR$ ஆகவும், $FE = FQ$ ஆக இருக்குமாறு Q, D புள்ளிகளைக் குறித்துக்கொள்க. Q, D புள்ளிகளை மையமாக வைத்துக்கொண்டு, QD தூரத்தை ஆரமாக வைத்து வில் வரைந்து வெட்டி C புள்ளியை கண்டுபிடித்துக் கொள்க. CD புள்ளிகள் PR நெடுங்கோட்டில் அமையும்.

இதில் தடைபட்ட நீளம் $BC = AD - AB - CD$

$= FA - AB - CD.$

(d) PR நெடுங்கோட்டில் A, B என்ற இரண்டு புள்ளிகளைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்க. அதில் DBE நேர்க்கோட்டை வரைந்து கொள்க. $AF = nAD$, $AG = nAE$ என்ற உறவுகளில் AD-ஐ நீட்டி F ஐயும், AE ஐ நீட்டி Gயையும், குறித்துக்கொள்க, FG கோட்டில் $FCn = DB$ என்ற உறவில் Cஐக் கணக்கிட்டுக் குறித்துக்கொள்க.



படம் 105

PR நெடுங்கோட்டில் இன்னுமொரு புள்ளி (M) தேவையானுல், $AM = n'AD$ என்ற உறவில் AD ஐ, நீட்டி H புள்ளியையும் $AK = n'AE$ என்ற உறவில் AEஐ நீட்டி K புள்ளியையும் குறிக்துக்கொள்க. HK கோட்டில், $HM = n'DB$ என்ற உறவில் கணக்கிட்டு M-ஐ குறித்துக் கொள்க.

தடைபட்ட நீளம் $BC = AC - AB$

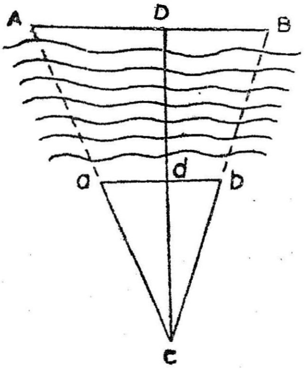
$\triangle ABD$, $\triangle ACF$ ஆகியவற்றின் ஒற்றுமைகளின்படி

$$\frac{AC}{AB} = \frac{AF}{AD} = n$$

$$\therefore AC = n \times AB$$

எனவே $BC = nAB - AB = (n - 1)\,AB$

அருகில் செல்ல இயலாத இரண்டு புள்ளிகளின் இடைத்தூரம் காணல்: *A, B* புள்ளிகள் (படம் 106) ஆற்றின் மறுகரையில் இருப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம். அவற்றின் இடைத்தூரம் அறிய வேண்டும்.



படம் 106

இக்கரையில் வசதியான புள்ளி *C* ஒன்றைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொண்டு, முன்னர் கூறிய வழிகளில் ஒன்றைப் பின்பற்றி *CA, CB* தூரங்களைக் கண்டுபிடித்துக்கொள்க. *CA*யில் வசதியான புள்ளி *a* ஒன்றைத் தேர்ந்தெடுத்து *Ca* ஐ அளந்துகொள்க. $Ca = Cb$ இருக்குமாறு *CB* கோட்டில் *b* ஐக் குறித்துக்கொள்க. *a, b* புள்ளிகளை இணைத்து அளந்துகொள்க.

$$\text{இப்போது } AB = \frac{ab \times CA}{Ca} = \frac{ab \times CB}{Cb}$$

அடைய முடியாத கோடு *AB*க்கு *C*யிலிருந்து குத்துக்கோடு வரைந்து அதன் நீளம் அறியும் முறை

ab கோட்டிற்கு *C* வழியாக ஒரு குத்துக்கோடு வரைந்து கொள்க (படம் 106). அதன் பாதம் *d* ஆகும். *Cd*ஐ நீட்டினால், *AB* ஐ *D* புள்ளியில் வெட்டும், *Cd* ஐ அளந்துகொள்க.

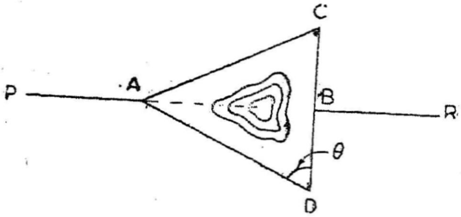
$$\text{இப்போது } CD = \frac{Cd \times CA}{Ca} = \frac{Cd \times CB}{Cb}$$

தடங்கல்கள் உள்ள இடத்தில் அளக்கை செய்வதற்கான எடுத்துக்காட்டுகள்

எடுத்துக்காட்டு 1

PR என்ற நெடுங்கோட்டில், (படம் 107), ஒரு குட்டை குறுக்கிட்டதால் *AB* இடைவெளியை அளக்க முடியவில்லை. *CBD* புள்ளிகள் ஒரே கோட்டில் அமையுமாறு இடதுபக்கம் *AC* என்ற கோடும், வலது பக்கம் *AD*என்ற கோடும் அமைக்கப்பட்டன.

அவற்றின் நீளங்கள் வருமாறு : $AC = 270$ மீ; $AD = 330$ மீ; $CB = 150$ மீ; $BD = 165$ மீ. AB யின் நீளத்தைக் கணக்கிட்டுக் காண்க.



படம் 107

$CB = 150$ மீ

$BD = 165$ மீ

$CD = 315$ மீ

ACD முக்கோணத்தில் D கோணம் $= \theta$ என வைத்துக் கொள்வோம்.

$$\therefore \quad AC^2 = AD^2 + DC^2 - 2\,AD \cdot DC \cos\theta$$

$$\cos\theta = \frac{AD^2 + DC^2 - AC^2}{2\,AD \cdot DC}$$

$$= \frac{330^2 + 315^2 - 270^2}{2 \times 330 \times 315}$$

$$\log\cos\theta = \bar{1}.8131$$

$$\theta = 45^\circ\ 43'$$

இப்போது ADB முக்கோணத்தை எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

இதில் $AB^2 = AD^2 + DB^2 - 2\,AD \cdot DB \cos\theta$

$$= 330^2 + 165^2 - 2 \times 330 \times 165 \times \cos 45^\circ\ 43'$$

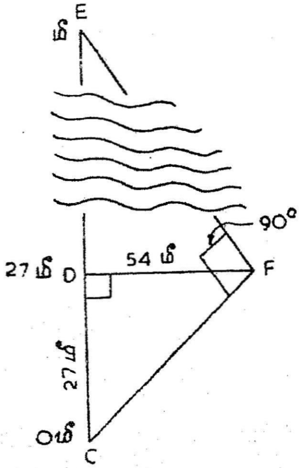
$$= 108900 + 27225 - 70810$$

$$= 60075$$

$$AB = 255{\cdot}8 \text{ மீ}$$

எடுத்துக்காட்டு 2

CDE என்ற அளக்கைக்கோடு, ஒரு ஆற்றைக் கடந்து செல்கிறது. ஆற்றின் ஒரு கரையில் *D* நிலையமும், மறு கரையில் *E* நிலையமும் உள்ளன. *D* நிலையத்திலிருந்து *CDE* கோட்டிற்குச் செங்குத்தாக *DF* என்ற கோடு 54மீ நீளம் அளந்து வைக்கப் பட்டது. *F* நிலையத்திலிருந்து *E*, *C* நிலையங்களின் திசையங்கள் முறையே 67° 30′, 157° 30′ இருந்தன. *CD* = 27மீ ஆகவும், *D*யின் நீளப்பாடு 376·5 மீ ஆகவும் இருந்தால் *E*யின் நீளப்பாடு காண்க.



படம் 108

ஆற்றின் அகலம் *E D*

FC யின் திசையம் = 157° 30′

FE யின் திசையம் = 67° 30′

∠ *CFE* 90° 00′

படத்தில் *FDC* முக்கோணமும் *EFC* முக்கோணமும் ஒரே மாதிரி யானவை.

$$\frac{EC}{CF} = \frac{CF}{DC}$$

$$EC = \frac{CF^2}{DC} = \frac{27^2 + 54^2}{27}$$

$$= 135 \text{ மீ}$$

ED = 142·4 − 27·0 = 115·4

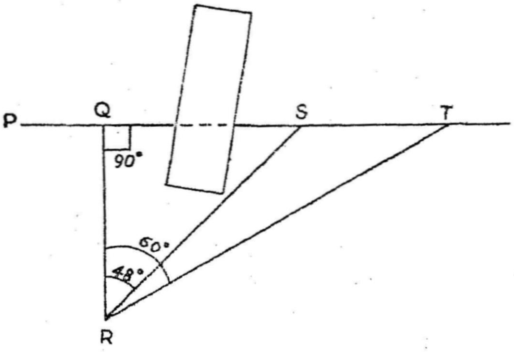
D யின் நீளப்பாடு = 376·5 மீ

E யின் நீளப்பாடு = 376·5 + 115·4 = 484·5 மீ

எடுத்துக்காட்டு 3

PQ என்ற அளக்கைக்கோடு, ஓர் உயர்ந்த கட்டிடத்தின் ஊடே செல்லவேண்டும். *PQ* கோட்டிற்கு, *Q* என்ற இடத்தில் செங்கோணம் வைத்து 150 மீ நீளமுள்ள *QR* என்ற கோடு அமைத்துக் கொள்ளப்பட்டது. *R* நிலையத்திலிருந்து *PQ* கோட்டி லிருந்து 45°, 60° கோணத்தில் *RS*, *RT* என இரு கோடுகள் அமைக்கப்படுகின்றன. *S* அண்டு *T* (and = அண்டு, அண்டிய என்ற

பொருளில் ஆளப்படுகிறது), நிலையங்கள், *PQ* கோட்டின் நீட்சியில் அமையவேண்டுமானல் *RS*, *RT* கோடுகள் எவ்வளவு நீளம் இருக்கவேண்டும்.



படம் 109

TRQ முக்கோணத்தில்

$\angle R = 60°$

$\angle Q = 90°$

$\angle T = 30°$

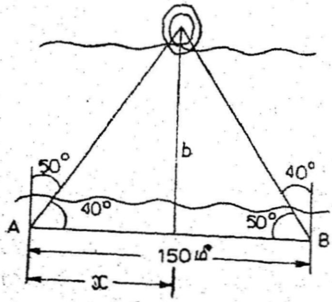
$RT = RQ \sec 60°$

$= 150 \times 2 = 300$ மீ

$RS = 150\sqrt{2} = 212{\cdot}1$ மீ

$QS = QR = 150$ மீ

எடுத்துக்காட்டு 4



படம் 110

கிழக்கு மேற்காக ஓர் ஆறு ஓடுகிறது. அதன் தென் கரையில் 150மீ நீளமுள்ள *AB* என்ற கோடு உள்ளது. அக்கரையில் உள்ள மரத்திற்கு காந்தவட்டையில் *A*யிலிருந்து வ. 50° கி. திசையமும், *B* யிலிருந்து வ.40° மே. திசையமும் கிடைத்தன. ஆற்றின் அகலம் காண்க.

ஆற்றின் அகலம் *b* என வைத்துக் கொள்வோம். மரத்திலிருந்து வரையும் குத்துக்கோடு *AB* கோட்டில் விழும் நீளம் *A* யிலிருந்து *x* ஆக இருக்கட்டும்.

$$\frac{b}{x} = \tan 40^\circ$$

$$\therefore \quad b = x \tan 40^\circ$$

அதே போல $b = (150 - x) \tan 50^\circ$

$$x \tan 40^\circ = (150 - x) \tan 50^\circ$$

$$x \tan 40^\circ + x \tan 50^\circ = 150 \tan 50^\circ$$

$$x (\tan 40^\circ + \tan 50^\circ) = 150 \tan 50^\circ$$

$$x = \frac{150 \tan 50^\circ}{\tan 40^\circ + \tan 50^\circ} =$$

$$= \frac{150 \times 1{\cdot}1918}{0{\cdot}8391 + 1{\cdot}1918} = \frac{178{\cdot}72}{2{\cdot}0309}$$

$$= 87{\cdot}98 \text{ மீ}$$

$$\therefore \quad b = x \tan 40^\circ$$

$$= 87{\cdot}98 \times 0{\cdot}8391 = 73{\cdot}84 \text{ மீ}$$

குறுக்குக் கம்ப அளக்கை (Croos Staff Survey) **:** வயல், மனைகளின் எல்லைகளை அமைக்கவும், அவற்றின் பரப்பளவு காணவும் இவ்வளக்கை பயன்படுகிறது.

கொள்கை : (1) ஒரு முக்கோணத்தின் பரப்பு $= \frac{1}{2} \times$ பீடம் $\times$ உயரம். (2) ஒரு இணைகரத்தின் (trapezium) பரப்பு, இணை கோடுகளின் கூட்டுத்தொகையில் பாதியை, அவற்றின் இடை தூரத்தால் பெருக்க, வரும் தொகையாகும்.

மேற்கண்ட இரண்டு வாய்ப்பாடுகளை பயன்படுத்தி, வயற் பரப்புக்களை அறிதல் ஆகும்.

அதற்கு வசதியாக ஒரு வயலைப் பல இணைகரங்களாகவும், செங்கோண முக்கோணங்களாகவும் வகுத்துக்கொள்ள வேண்டும். இணைகரங்களின் இணைகோட்டு நீளங்களையும், அவற்றின் இடை வெளியையும், செங்கோண முக்கோணத்தின் பீடத்தையும், உயரத்தையும், சங்கிலி, குறுக்குக்கம்பம் இவற்றைக்கொண்டு அளந்துகொள்ளலாம்.

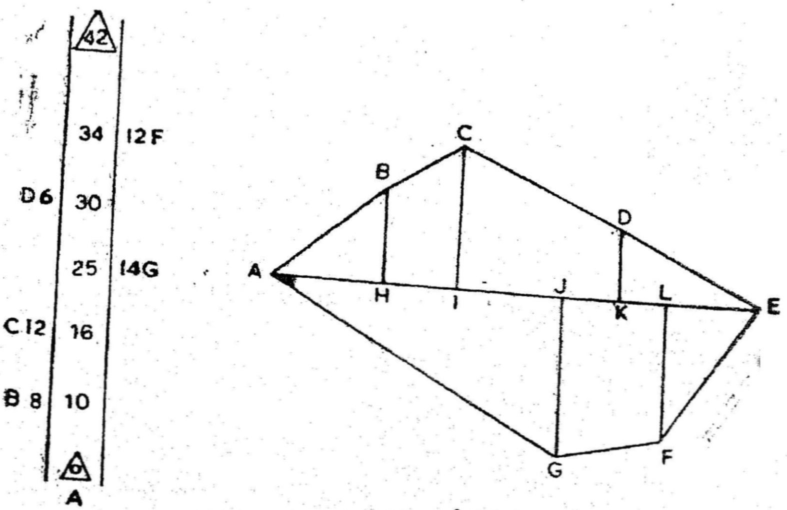
கருவிகள் : இரண்டு சங்கிலிகள், அம்புகள், நேர்காண் கம்புகள், குறுக்குக்கம்பம், தூக்குக்குண்டு முதலியன. ஒரு சங்கிலி முதன்மைக் கோட்டை அளக்கவும், அடுத்தது குத்தானை

அளக்கவும் பயன்படும். செங்கோணக் குத்தான்கோடுகள் அமைக்க, குறுக்குக்கம்பம் பயன்படுகிறது. துல்லியமான வேலைகளுக்கு கண்ணாடிச் செங்கோணளவி, பட்டகச் செங்கோணளவி. போன்ற கருவிகளைப் பயன்படுத்தலாம்.

அளக்கை முறை : வயலின் நடுவில் ஓர் அளக்கைக்கோடு அமைக்கப்படுகிறது. கோடு நடுவில் இருப்பதால் இருபக்கக் குத்தான்களும் ஏறத்தாழ சமமாக இருக்க வாய்ப்புண்டு. வயலின் எல்லைக்கோடுகள் திசைதிரும்பும் எல்லாப் புள்ளிகளுக்கும், குத்தான் வரைந்து அவற்றின் நீளங்களை அளந்து கொள்ள வேண்டும். நடு அளக்கைக் கோட்டின் நீளப்பாட்டிற்கேற்ப, குத்தான்கள் வரிசையாகக் குறித்துக்கொள்ளப்படும். சங்கிலி அடுத்த இடத்திற்கு மாற்றுமுன் எல்லாக் குத்தான்களையும் எடுத்துள்ளோமா என்று உறுதி செய்துகொள்வது மிகவும் இன்றியமையாததாகும். எடுத்த அளவுகளை சோதித்துக் கொள்ள வசதியாக, வயலின் எல்லைகளின் அசல் நீளங்களையும் அளந்துகொள்ள வேண்டும்.

அளக்கை முடிந்ததும், தேர்ந்தெடுத்த வரையளவுக்கேற்ப தாளில் வரைந்து கொள்ளப்படுகிறது. இப்படத்தைப் பல செங்கோண முக்கோணங்களாகவும், இணைகரங்களாகவும் பகுத்துக்கொண்டு மேலே கூறிய வாய்ப்பாடுகள் கொண்டு பரப்பு கணக்கிடப்படுகிறது. கணக்கிடும் பரப்புக்களை ஒரு பட்டியல்போட்டு வரிசையாகக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டு 1



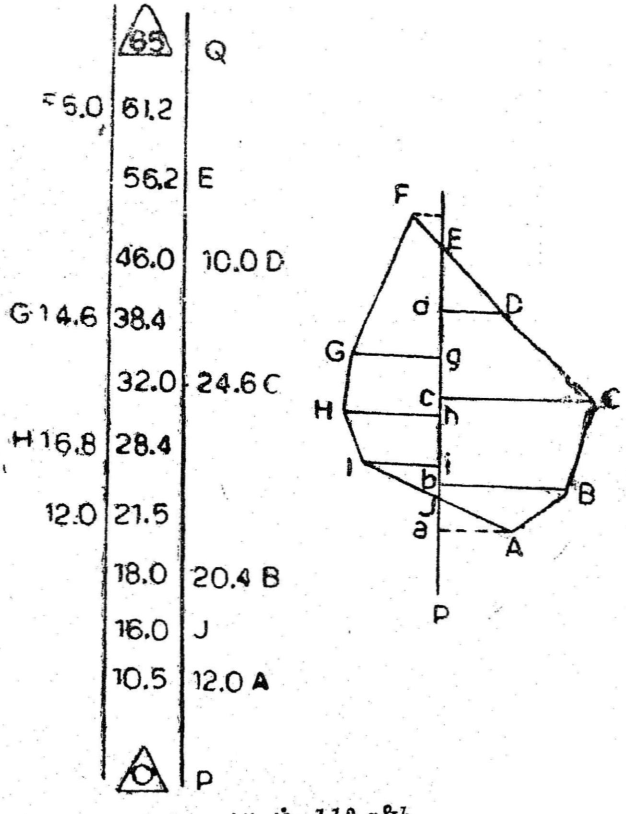
படம் 111 *a* & *b*

நீளப் பாடுகளையும், குத்தான்களையும் பின்கண்ட பட்டியலில் குறித்துக்கொள்க.

வ.எண்	உருவம்	நீளப்பாடுகள்	பீடம்	குத்தான்கள்	சராசரி குத்தான்	பரப்பு ப. மீ.		குறிப்புகள்
		மீ	மீ	மீ	மீ	கூட்டல்	கழித்தல்	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	△ABH	0&10	10	0 & 8	4	40	—	
2	HBGI	10&16	6	8 &12	10	60	—	
3	ICDK	16&30	14	12& 6	9	126	—	
4	△DKE	30&42	12	6 & 0	3	36	—	
5	△E F	42&34	8	0 &12	6	48	—	
6	∠FGJ	34&25	9	12&14	13	117	—	
7	△JGA	25 & 0	25	14& 0	7	155	—	
						582	—	

வயலின் மொத்தப் பரப்பு = 582 ப.மீ.

எடுத்துக்காட்டு 2



படம் 112 a&b

நீளப் பாடுகளையும், குத்தான்களையும் பின்கண்ட பட்டியலில் குறித்துக் கொள்க.

வ.எண்	உருவம்	நீளப்பாடு மீ	டம் மீ	குத்தான் மீ	சராசரி குத்தான் மீ	பரப்பு		குறிப்பு
						கூட்டல்	கழித்தல்	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	△AaJ	10·5&16·0	5·5	0&12·0	6·0		31·00	
2	aABJ	10·5&18·0	7·5	12·0&20·4	16·2	121 50		
3	IJi	16·0&21·5	5 5	0&12·0	6·0	31·00		
4	HhiI	21·6&28·4	6·8	12·0&16·8	14 4	97·72		
5	BbcC	18·0&32·0	14·0	20·4&24·6	22·5	315·00		
6	HhgG	28·4&38·4	10·0	16·8&14·0	31·4	314·00		
7	CcdD	32·0&46·2	14·2	24·6&10·0	17·3	245·66		
8	DdE	46·2&56·2	10 0	10·0&0	5·0	50·00		
9	GgfF	38·4&61·2	2·8	14·6&5·0	9 6	218·88		
10	EfF	56·2&61·2	5·0	0&5·0	2·5		12·50	
						1383·96	43·50	

வயலின் பரப்பு = 1340·46 பரப்பு மீட்டர்.

வரைதல்

வரைதல் : அளக்கைக் கள வேலைகளுக்குப்பின் அலுவலக வேலை மிகவும் இன்றியமையாதது. தரைப் படங்கள், வெட்டுப் படங்கள் தயாரித்தல், பரப்பளவு கண்டுபிடித்தல் முதலியன இதில் அடங்கும். அளக்கைக் களத்தின் சிறிய மாதிரியை களச் சுவடியிலேயே வரைந்து காட்டுவது அளக்கையாளரின் தலையாய கடமையாகும்.

கருவிகள் : 1. வரைவு மேசை (Drawing Table) : சமமான மேற்பரப்புக்கொண்ட நல்ல பலகையால் ஆன மேசை. வசதியான அளவு 2·4 மீ × 1·2 மீ.

2. வரைவுப் பலகை ; இந்தியத் தர நிலவுக் கழகம் பின் கண்ட அளவுள்ள வரைவுப் பலகைகளைப் பரிந்துரைக்கின்றது.

(1) B0 = 1250 மிமீ × 900 மிமீ

(2) B1 = 900 மிமீ × 650 மிமீ

(3) B2 = 650 மிமீ × 500 மிமீ

(4) B3 = 500 மிமீ × 350 மிமீ

இதில் 900 × 650 மிமீ பலகை பல வேலைகளுக்குப் பயன் படும் வசதியான அளவுடையதாகும். பலகையின் இடது பக்க ஓரத்தில் எபினி மரச் சட்டம் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

3. T மூலை மட்டம் : ஆங்கில எழுத்து T வடிவில் உள்ளது. மகோகனி மரத்தால் செய்து வார்னீசு பூசப்பட்டிருக்கும். முனையில் எபினி மரச் சட்டம் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். 500 மிமீ முதல் 1500 மிமீ வரை பல வசதியான அளவுகளில் கிடைக்கிறது.

4. முக்கோணங்கள் இரண்டு : செல்லுலாய்டு அல்லது வல்கனைட்டில் செய்யப்பட்டிருக்கும். 45°, 60° கோணங்களில் உள்ள ஓரிணை முக்கோணங்கள் போதுமானவை. பல அளவுகளில் கிடைக்கின்றன. 250 மிமீ வசதியான அளவாகும். இவை செங்குத்துக் கோடுகள், சாய்வு கோடுகள், இணைகோடுகள் வரைவதற்குப் பயன்படுகின்றன.

5. உருள் இணைகோடு வரைவி : இணைகோடு வரைவதற் காகப் பயன்படும் கருவி ஆகும், இரண்டு உருளைகளை செப்புச்

சட்டத்தில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். 300 மிமீ, 450 மிமீ, 600 மிமீ போன்ற நீளங்களில் கிடைக்கின்றன.

6. கருவிகள் பெட்டி : இதில் வரைவுப் பேனா, பிரிப்பிகள் (dividers), அளவு வில், வட்டகி (compass), பலப்பத் துண்டுகள் முதலியன இருக்கும்.

7. கோணமாலி : அரைவட்ட அல்லது முழுவட்டமான, செல்லுலாய்டு அல்லது வல்கனைட்டால் ஆன கோணம் அளக்கும் கருவி.

8. மட்டக் கோல் (Straight Edge) : இரண்டு மீட்டர் நீளமுள்ள மட்டக் கோல் நீளமான கோடுகள் வரைவதற்குப் பயன்படும்.

9. விட்ட வட்டகி (Beam Compass) : சாதாரண வட்டகிகளால் வரைய முடியாத வில்களை வரைய இது பயன்படும்.

10. பிரெஞ்சு வளைவுகள் (French Curves) : சில வளைவு கோடுகளை வரைய இது பயன்படும். செல்லுலாய்டு அல்லது பிளாஸ்டிக்கால் ஆனது. சிலவகை முக்கோணங்களில் நடுவில் துளை செய்து பிரெஞ்சு வளைவுகள் வெட்டப்பட்டிருக்கும்.

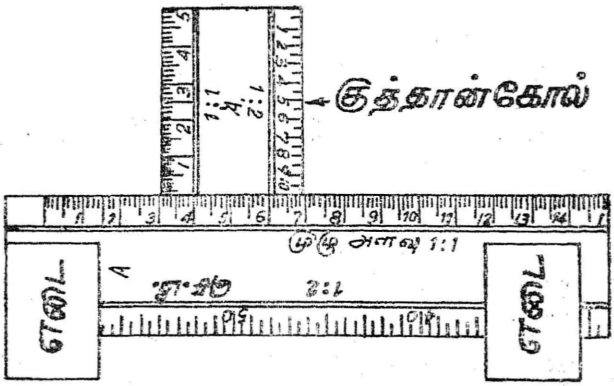
11. சுழற்றி (Rotor) : சிறு வட்டங்கள் வரைய இது பயன் படும்.

12. ஒரு வரிசை வரைவளவிகள் : A, B, C, D, E, F எனப் பெயர்கள் கொண்ட பன்னிரு உருச்சுருக்கு வரைவளவு குறிக்கப் பட்ட ஆறு அளவுகோல்கள் கொண்டது ஒரு வரிசை அளவு கோல்களாகும். ஒவ்வொன்றும் 30 செமீ இருக்கும். இவற்றுடன் இவற்றிற்குப் பொருத்தமான குத்தான் அளவு கோல்களும் (off-set scales) கிடைக்கும். குத்தான் அளவுகோல் மூலக்கோலின் அளவிலேயே 5 செமீ நீளம் இருக்கும். குத்தான்கள் குறிக்க இவை பயன்படும். சில சமயம் சுழி மையத்திலும், இரண்டு பக்கத்தில் வளருமாறும் இருக்கும். கோட்டின் இரண்டு பக்கமும் குத்தான் குறிக்க இவ்வகைக் கோல்கள் பயன்படும் (படம் 113).

13. விகித வட்டகி (Proportional Compass) : வரைபடங்களை உருப் பெருக்கவும், சுருக்கவும் பயன்படுகிறது (படம் 114).

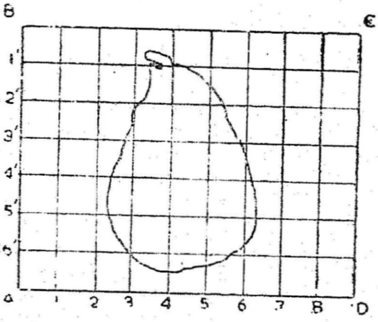
வரைவுப் பொருட்கள்

வரைதாட்கள்கள் : வாட்மன் தாள் (Whatman Paper) போன்ற கையால் செய்த, ஒரு பக்கம் வழவழப்பாக உள்ள



படம் 113

தாள்களைப் பயன்படுத்தலாம். தாள் தனியாகவோ, துணியில் ஒட்டப்பட்டதாகவோ இருக்கலாம். வரைதாள் அளவுகள் வருமாறு:



படம் 114

பெயர்	அளவு(மிமீ)
A0	841 × 1189
A1	594 × 841 (இம்பீரியல்)
A2	420 × 594 (பாதி இம்பீரியல்)
A3	297 × 420
A4	210 × 297
A5	148 × 210

2. வரைவு ஆணி அல்லது கிடுக்கி : வரைவுதாளைப் பலகையோடு பிடித்துவைக்க வரைவு ஆணி பயன்படுகிறது. அதன் நீளம் குறைவாகவும் கொண்டை அகலமாகவும் இருக்கும். அதற்குப் பதிலாகக் கிடுக்கியையும் பயன் படுத்தலாம். தற்போது பலவகை ஒட்டு நாடாக்கள் (cellotap) கிடைக்கின்றன. அவற்றையும் பயன்படுத்தலாம்.

3. எடைகள் : வரை தாள் பறக்காமலோ, அளவு கோல்கள் நகராமலோ இருக்க இவை பயன்படுகின்றன. 10 × 5 × 2·5 செமீ அளவுள்ள ஈயக் கட்டிகள் துணியாலோ, தோலாலோ சுற்றியிருக்கும்.

4. எழுதுகோல் (Pencils) : எழுதுகோல்கள் *4H*, *3H*, *H*, *HB*, *B* என்று பலவகையாகப் பகுக்கப்பட்டுள்ளன. இவை முறையே கெட்டியானதிலிருந்து மென்மைக்கு இறங்கி வருபவை. முதற்கோடுகளை *3H*, *2H* போன்றவைகளில் போடலாம். இறுதியாக *H* வகையில் கோடுகளை முடிக்கலாம். *HB*, எழுத்துக்களை எழுதப் பயன்படும். ஓவியம் வரைவதற்கு *B* வகைக் கோல்களை பயன்படுத்துவர். மிகவும் கருப்பாக இருக்கும். எளிதாகத் தேயும். பட்டையாகச் சீவப்பட்டவை, கோடுகள் இழுப்பதற்கும், மற்ற வேலைகளுக்கு முனை கூராக்கப்பட்டவைகளும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. கோல்முனையைக் கூராக்க பேனுக் கத்தியைப் பயன்படுத்தக்கூடாது. உப்புத் தாளையோ, அரத்தையோ பயன்படுத்த வேண்டும்.

5. அழிப்பான் : தவறாக வரைந்த கோடுகளை அழிக்க அழிப்பான் தேவை. மென்மையாக அழிக்கக்கூடிய மெதுவான ரப்பர் பயன்படுத்தவேண்டும். ரப்பரை மிகக் குறைந்த அளவே பயன்படுத்தவேண்டும்.

6. மை : வரைவு தாளில் வரைந்தவற்றைச் சில நேரங்களில் மையால் விளம்ப வேண்டியிருக்கும். இந்தியன் மை, அல்லது சைனு மை போன்ற தரமான மையைப் பயன்படுத்தவேண்டும். மைக்கட்டி அல்லது மைக்குச்சியை அவ்வப்போது நீர் விட்டுக் கரைத்துக்கொள்ளலாம். புட்டிகளில் அடைத்துள்ள, தண்ணீரில் கரையாத மையைப் பயன்படுத்தலாம். கருப்பு, நீலம் போன்ற வண்ணங்களையும் பயன்படுத்தலாம்.

7. வண்ணங்கள் : படங்களை அழகுபடுத்த வண்ணங்கள் தேவைப்படுகின்றன. பலவகை வண்ணங்கள் கட்டிகளாக (cake) கிடைக்கின்றன. அவற்றை அவ்வப்போது வெள்ளைக் களிமண் தட்டுகளில் தண்ணீரில் உரைத்துப் பயன்படுத்தலாம்.

8. தூரிகை: ஒட்டகத்தின் முடியால் ஆன தூரிகை பயன் படுகிறது. தென்னாட்டில் அணில் வால் முடியால் ஆன தூரிகை உயர்ந்ததாகக் கருதப்படுகிறது.

9. வெள்ளைக் களிமண் தட்டுகள்: வண்ணங்களைக் கரைப் பதற்குப் பயன்படுகின்றன.

சங்கிலி அளக்கையை வரைதல்: அளவுச்சுவடியில் உள்ள குறிப்புகளைக்கொண்டு, தரைப்படம் வரைய வேண்டும். முதலில் சரியான வரைவளவைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். கள வேலைகள் தொடங்குமுன்னரே இதுபற்றி எண்ணிக் கொள்வது நல்லது. தேர்ந்தெடுத்த வரைவளவுக்கேற்ப படத்தின் அளவு எவ்வளவு இருக்குமென்று தோராயமாக அனுமானித்துக் கொண்டு சரியான தாளைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்ள வேண்டும்.

தாளின் இடது புறம் 4 செமீ இடைவெளியும், மீதி மூன்று பக்கங்களிலும் 2·5 செமீ இடைவெளியும் விட்டு எல்லைக் கோடு களைப் போட்டுக்கொள்ளலாம். தலைப்பு, வரைவளவு, வடக்குக் கோடு போன்றவைகளை எடுப்பான இடத்தில் அமைப்பது முந்திய பழக்கம். தற்போது வடக்குக்கோடு தவிர்த்த பிற விவகாரங்களை வலது பக்கம் கீழ்முனையில் கட்டங்கள் அமைத்துக் குறிக்கப் படுகின்றன. பெரும்பாலும் வடக்கு திசை மேல்பக்கம் இருக்குமாறு வரைதல் நல்லது. அதனால் தாளின் மேல், கீழ், வலது, இடது புறங்களின் வடக்கு, தெற்கு, கிழக்கு, மேற்கு திசைகளைக் காட்டும். ஒரோ வழி இதற்கு மாறாக வசதியான திசையில் வடக்கை வைத்துக்கொள்வதும் உண்டு.

படம் தாளின் மையத்தில் அமைவதற்காக, முதலில் முதன்மைக்கோடு, எல்லைக்கோடுகள் போன்றவற்றை ஒரு படிதாளில் (tracing sheet) வரைந்துகொண்டு அதை வரைவு தாளில் மாற்றலாம். அடிப்படைக்கோட்டின் ஒரு புள்ளியை ஊசியால் குத்தி அடையாளம் செய்துகொண்டு, அதைச் சரியான திசையில் வரைந்துகொள்ளலாம். அக்கோட்டில் வரும் இடை நிலையங்கள் நீளப்பாட்டிற்கேற்ப ஊசியால் அல்லது கூர் எழுது கோலால் குறித்துக்கொள்ளலாம். அவைகளின் பெயர்களையும் எண்களையும் குறித்துக்கொள்ளலாம். அடிப்படைக் கோட்டில் அமையும் முக்கோணங்களை இப்போது வரையலாம். அக்கோட்டின் முனைப்புள்ளிகளையோ, இடைநிலையங்களையோ மையமாக வைத்துக்கொண்டு, தூரங்களை ஆரமாக வைத்து வில் அடித்துப் புது புள்ளிகளை அறிந்துகொள்ள வேண்டும். ஆரம் நீளமாக இருந்தால் வில் அடிக்க, விட்ட வட்டகையைப்

பயன்படுத்த வேண்டும். புள்ளிகளைச் சேர்த்துக் கோடு வரையுமுன் தூரங்கள் சரியாக உள்ளனவா என்று தகுந்த அளவுகோல் கொண்டு உறுதி செய்துகொள்வது நல்லது. உறுதிக்கோடு (check line) நீளம் எடுத்திருந்தால் அதையும் சரிபார்த்துக் கொள்ளலாம். உறுதிக்கோடு பொருந்தி வராமல் பிழை இருந்தால், அதுவும் அனுமதிக்கப்பட்ட எல்லைக்குள் இருந்தால், மூன்று கோடுகளும் அளந்தபோது இருந்த களச்சூழலை நினைத்து, அதற்கேற்ப மூன்று நீளங்களையும், கூட்டியோ குறைத்தோ சரியான இடத்தை அடையலாம். பிழை அனுமதிக்கப்பட்ட எல்லையை மீறிவிட்டால் அக்கோடுகளை மீண்டும் அளந்துவிடுவது நல்லது. இதே போல எல்லா முக்கோணங்களையும் வரைந்து கொள்ளலாம்.

அளவுச் சட்டகத்தின் எல்லா முக்கோணங்களும் வரைந்த பின் குத்தூரக் கோடுகளை வரையவேண்டும். அளக்கைக் கோட்டில் குத்தான் பிடப்புள்ளிகளை வரிசையாகக் குறித்துக் கொண்டு, அவை ஒவ்வொன்றிலும் குத்துக்கோடுகள் வரைந்து, அதில் சரியான அளவுகளை வைத்து அப்புள்ளிகளைக் குறிக்கலாம்.

அல்லது நேரிடையாக குத்தூர அளவுகோலைப் பயன்படுத்தி அப்புள்ளிகளைக் குறிக்கலாம். அளவுகோலின் சுழிகோட்டில் தொடக்கத்தில் இருக்குமாறு வைத்து இரண்டு (படம் 112 பார்க்கவும்) எடைகளை வைத்துவிட வேண்டும். பின் குத்தான் அளவுகோலை, அந்தந்த நீளப்பாட்டுப் புள்ளியில் வைத்து குத்தான் புள்ளிகளைக் குறித்துக் கொண்டே செல்லவேண்டும். மையத்தில் சுழி கொண்ட குத்தான் அளவுகோலைப் பயன்படுத்தினுல், மூலக்கோலை கோட்டிற்கு இணையாக குத்தான் அளவுகோலின் பாதிநீள தூரத்தில் வைத்துப் பிடித்துக்கொண்டால், குத்தான் அளவு கோலின்சுழி நெடுங்கோட்டின் மேலேயே வந்து கொண்டிருக்கும். அப்போது நெடுங்கோட்டின் இரண்டு பக்கமும் குத்தான்கள் குறித்துக்கொண்டே செல்லலாம். இவ்வாறு கிடைத்த குத்தான் புள்ளிகளை, அவை சுட்டும் பொருளுக்கேற்ப நேர்க்கோடாகவோ வளைவாகவோ சேர்க்கலாம்.

வரைவின்போது இயல்பாக வரும் பிழைகள்

1. அளக்கைக் கோடுகளின் சுழிமுனையை சரியாகக் கவனியாமல் தவறான முனையிலிருந்து நீளப்பாடுகளை அளந்துவிடுதல்.

2. சில குத்தான்களை மறந்துவிடுதல்.

3. குத்தான்களை, நெடுங்கோட்டின் தவறான பக்கத்தில் குறித்துவிடுதல்.

4. தவறான நீளப்பாட்டில், குத்தான்களைக் குறித்துவிடுதல்.

5. பொருந்தாப் புள்ளிகளை இணைத்துவிடுதல். இது போன்ற எளிய பிழைகள் வாராவண்ணம் விழிப்போடு வேலை செய்தல் இன்றியமையாதது.

மை இடுதல் : எழுதுகோலால் வரைந்தவைகளை மையால் வரைவது அடுத்தபடி ஆகும். மேலிருந்து கீழாகவோ, இடமிருந்து வலமாகவோ, மைக் கோடுகளை இடலாம். கோடுகள் மெல்லியதாக இருக்கவேண்டும். வளைவும் கோடும் உள்ள இடங்களில், பிரெஞ்சு வளைவுகளைக்கொண்டு முதலில் வளைவுகளை எழுதிக் கொள்ள வேண்டும். பின்னர் அதன் முனைகளை நேர்க்கோட்டில் இணைத்துவிடலாம்.

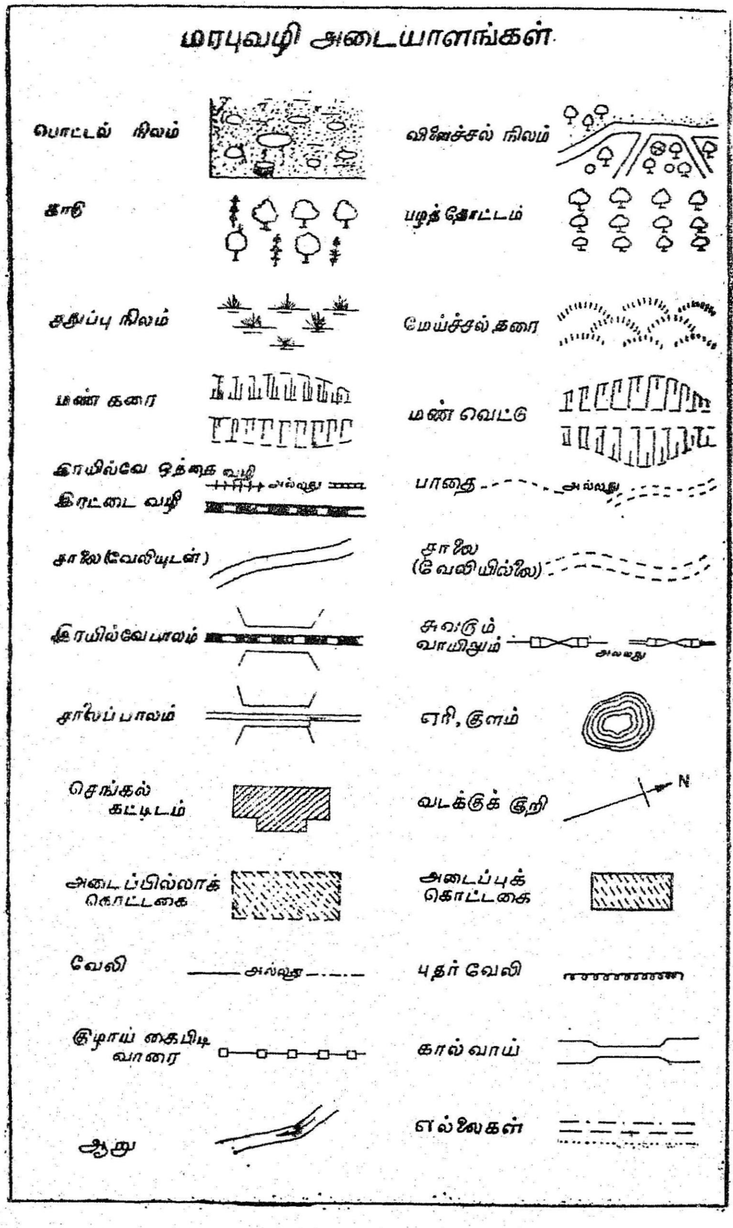
சங்கிலிக் கோடுகளை கடல் நீல (crimson lake)த்தில் புள்ளியும் கோடும் அடுத்தடுத்து வருமாறு வரைந்து காட்டலாம். நிலையங்களைக் காட்டும் புள்ளிகளைச் சிவப்பு வட்டம் போட்டுக் காட்டலாம். பழைய அமைப்புக்களை கருப்பிலும், புதிய திட்டங்களைச் சிவப்பிலும் காட்டலாம். இருப்புப் பாதை குழாய்கள், ஒருயரக்கோடுகள் போன்றவற்றை பிரசிய நீலத்தால் (Prussian blue) காட்டலாம். மையக் கோடுகளை கடல் நீலத்தில் நடுவில் சிறுசிறு இடைவெளி விட்ட நீண்ட கோட்டாலும், அவற்றின் முனைகளில் கருப்பு அம்புக் குறியாலும் காட்டலாம்.

மைக்கோடுகளை அழிக்கக் கூடாது. பிழை ஏற்பட்டுவிட்டால் மிகுந்த விழிப்போடு, ரப்பரால் சுரண்டிவிட்டு, அந்த இடத்தைச் சுத்தம் செய்தபின், கண்ணாடிபோன்ற வழுவழுப்பான பொருளால் தேய்த்து மென்மையானதாக்க வேண்டும்.

மரபு வழி அடையாளங்கள் : பல்வேறு பொருட்களைக் குறிக்க அடையாளக் குறிகள் காலப்போக்கில் வளர்ந்துவிட்டன. சிலவற்றைப் படத்தில் காணலாம். எடுத்துக்கொண்ட வரை வளவைப் பொருத்து, அடையாளங்களைப் பிரித்துக் காட்டலாம். சிறிய வரைவளவில், எல்லைச்சுவர், செடிவேலி, முள்வேலி, போன்றவற்றை ஒரேகோட்டில் குறித்தாலும். பெரிய வரை வளவுகளில் வேறுபடுத்திக் காட்டப்படுகிறது.

வண்ணங்கள் : தரைப் படங்களுக்கு வண்ணம் இடும் பொழுது பின்கண்ட குறிப்புகள் பயன்படும்.

1. படத்தை, மென்மையான காகிதத்தாலோ, ரொட்டித் துண்டாலோ, துடைத்தபின் வண்ணமிடலாம்.



மரபுவழி அடையாளங்கள்
பொட்டல் நிலம்
விளைச்சல் நிலம்
காடு
பழத்தோட்டம்
சதுப்பு நிலம்
மேய்ச்சல் தரை
மண் கரை
மண் வெட்டு
இரயில்வே ஒத்தை வழி
அல்லது
இரட்டை வழி
பாதை
அல்லது
சாலை (வேலியுடன்)
சாலை (வேலியில்லை)
இரயில்வே பாலம்
சுவரும் வாயிலும்
அல்லது
சாலைப் பாலம்
ஏரி, குளம்
செங்கல் கட்டிடம்
வடக்குக் குறி
N
அடைப்பில்லாக் கொட்டகை
அடைப்புக் கொட்டகை
வேலி
அல்லது
புதர் வேலி
குழாய் கைபிடி வரை
கால்வாய்
ஆறு
எல்லைகள்

படம் 115

2. தேவைக்குச் சற்று கூடுதலாகவே வண்ணத்தைக் கலந்து கொள்ள வேண்டும்.

3. வெளிர்ந்த வண்ணங்கள் (light colours) தீட்டுவதற்கு எளிதாக இருக்கும். செறிந்த வண்ணங்கள் (dark colours) சீராகப் பூச வராது.

4. வரைபலகையைச் சற்றே சாய்த்த வகையில் அமைத்துக் கொண்டால், வண்ணங்கள் திட்டுத்திட்டாய் அமையாமல் கீழே இறங்கிவந்து பரவிவிடும்.

5. பரவலாகப் பூசவேண்டிய இடங்களில் அந்தப் பரப்பை முதலில் பஞ்சால் ஈரம் செய்துகொள்வது நல்லது. நனைந்து விட்டால், ஒற்றுத்தாளால் அதிகப்படி ஈரத்தை, ஒற்றி எடுத்துவிட வேண்டும்

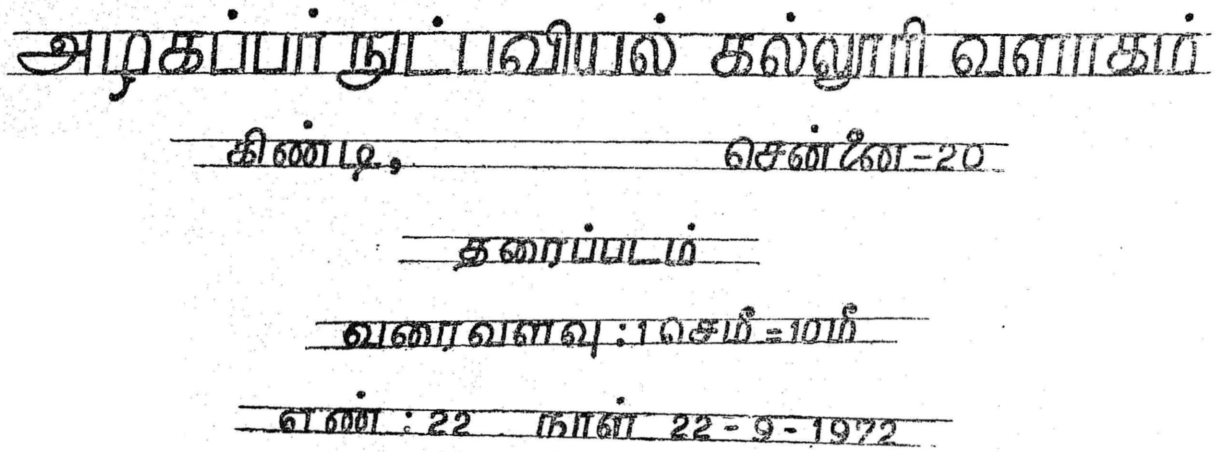
6. இடது மேல் முனையில் தொடங்கி வலப்புறமாகவும். பின்னர் கீழாகவும் வண்ணமிட்டுக்கொண்டே வரலாம்.

7. வண்ணமிடவேண்டிய பகுதியின் ஓரத்தில் அதிகப்படியான வண்ணக் கலவை சேராமல் பார்த்துக்கொள்ள வேண்டும். அவ்வாறு சேர்ந்துவிட்டால், அதைத் தூரிகையாலோ, ஒற்றுத்தாள் துண்டு ஒன்றின் முனையாலோ வழித்து எடுத்துவிடவேண்டும்.

அளக்கைப் படங்களுக்குப் பெருத்த அளவில் வண்ணமிடுதல் விரும்பத்தக்கதல்ல. வரைதாளை உருமாற்றிவிட ஏதுவாகும்.

சில விவரங்களுக்கேற்ப வண்ணங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

கப்பிச்சாலை	— Burnt Sienna (செம்மை செறிந்த பழுப்பு)
மண்சாலை	— Burnt umber (பழுப்பு)
கட்டிடங்கள்	— Crimson lake (கடல் நீலம்)
சுற்றுச் சுவர்	— Indigo (ஊதா)
தண்ணீர்	— Borders edged with Prussian blue (வெளி முனையில் பிரசியன் நீலக் கோடு கட்டி உள்ளே ஆற்றிவிடல்)
வெற்றுத் தரை	— Burnt umber (பழுப்பு)
பயிருள்ள வயல்	— H. green (பச்சை)
பாலம்	— Burnt sienna (செம்மை செறிந்த பழுப்பு)
அறிமேடை	— Crimson lake (கடல் நீலம்)

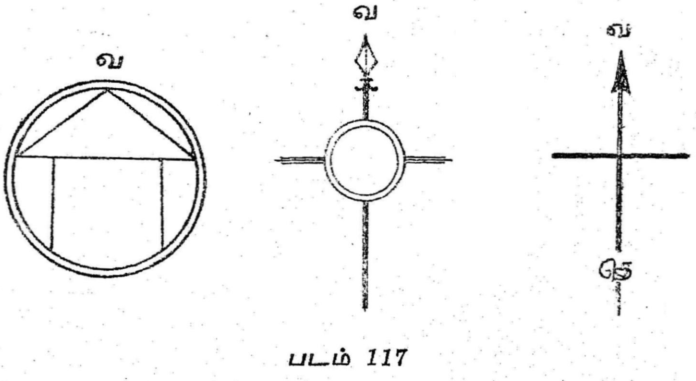

அழகப்பர் நுட்பவியல் கல்லூரி வளாகம்
கிண்டி, சென்னை-20
தரைப்படம்
வரைவளவு : 1 செமீ = 10மீ
எண் : 22 நாள் 22-9-1972

படம் 116

எழுத்துக்கள், தலைப்புகள்

படத்திற்கான தலைப்பு, வலது கீழ்மூலையில் கொட்டை எழுத்துக்களில் எழுதவேண்டும். அச்சுக் கூட்டி எழுதுதல் என்று பேச்சு வழக்கில் சொல்லப்படுகிறது. தலைப்பு, அளக்கை செய்த பரப்பின் பெயர், நிலத்தின் உரிமையாளர் பெயர் முதலியவைகள் இருக்க வேண்டும்.

எழுத்துக்களை அழகாக எழுதுவது தனிக்கலை. பயிற்சியால் நன்கு எழுதலாம். தமிழ் எழுத்துக்கள் நான்கு கோடுகளுக்குள் அடங்கவேண்டும். நடு இரண்டு கோடுகளுக்குள் எழுத்தின் உடலும், மேல், கீழ் வரிகளுக்குள் அதன் கொம்புகளும் சுழிகளும் அடங்கவேண்டும். எழுத்துக்களின் அகலம் அதன் வடிவத்தைப் பொருத்து மாறும். எழுத்துக்களின் உயரமும், அகலமும் ஒன்றாக இருக்கும்போது அழகாக இருக்கும். எழுத்துக்களை நேராகவும் எழுதலாம். சற்றே சாய்த்தும் எழுதலாம். எல்லாக் கோடுகளும் ஒரே பருமன் இருக்கும் வகையில் எழுதலாம். அல்லது எழுதும் வாகில் மேல் நோக்கிய கோடுகள் சிறியதாகவும் கீழ்நோக்கிய கோடுகள் சற்றே பெரியதாகவும் இருக்கலாம்.



படம் 117

திசைக்குறி: படங்களில் திசையைக் காட்டுவதற்காக வடக்குத் திசையை மட்டும், ஒரு வசதியான காலி இடத்தில் அம்புக் குறியால் காட்டுவர். அது மேல்பகுதியில் இருந்தால் நல்லது. பெரும்பாலும் தரைப்படங்களில் படத்தின் மேல்பக்கம் வடக்குத் திசையாக எடுத்துக்கொள்வதால், வடக்கு முனை மேல் நோக்கி இருக்கும். வேறுபல வசதிகள் குறித்து வடக்குத் திசையை எப்படி வேண்டுமானாலும் வைத்துக்கொள்ளலாம். சான்றாக ஒரு பெருஞ்

சாலையைப் பார்த்து ஒரு வளாகம் (campus) அமைந்திருந்தால், அப்பெருஞ்சாலை அடியில் வருமாறும், கட்டிடங்கள் அதன் மேற் பகுதியில் இருக்குமாறும் வரைவது பழக்கம். அதற்கேற்ப திசைக் குறியை வரைந்துவிடலாம். வடக்குக்குறி, அழகு கொஞ்சும் வடிவுடையதாகவும் இருப்பது உண்டு.

வரைவளவு : படம் எந்த வரைவளவுக்கு வரையப்பட்டுள்ள தென்பது, தலைப்பிற்கு அடியில் எழுதப்படவேண்டும்.

4. காந்த வட்டை

அளக்கை செய்வதற்குப் பயன்படும் முதன்மையான கருவிகளில் காந்த வட்டை ஒன்றாகும். காந்தத் தன்மை ஏற்றப்பட்ட ஊசி. ஆடி அசைந்து நிலைக்கு வரும்போது தென்வடல் திசையிலேயே நிற்கும். இந்த அடிப்படை உண்மையைப் பயன்படுத்தி புவிப்பரப்பில் திசை அறிவதற்குப் பயன்படும் கருவி காந்த வட்டை ஆகும். இதைச் திசை வட்டை என்றும் சொல்லலாம். இக் கருவிகள் பெரும்பாலும் வட்டமான தட்டுகளில் அமைக்கப் படுவதால் வட்டை என்ற சொல்லைப் பயன்படுத்துகிறோம். ஆங்கிலத்தில் வட்டத்தை உணர்த்தும் Compass என்ற சொல்லே காந்த வட்டையைக் குறிப்பதை இங்கு ஒப்பிட்டு உணரலாம்.

பொதுவாகக் கட்டிடங்களைச் சரியான திசைகளில் அமைப்பதற்கும், வேறுபல பணிகளுக்கும், கடலில் திசை அறிவதற்கும் காந்த வட்டை பயன்படுகிறது. அளக்கையில் கோடுகளின் இடைக்கோணங்களைக் காந்த வட்டையால் அளக்கிறோம். அளக்கையில் பயன்படும் காந்த வட்டைகள் தனி அமைப்புடையவை. அவற்றில் முதன்மையான உறுப்புகள் வருமாறு :

(அ) காந்த ஊசி, (ஆ) பாகை அளவு வருவியுள்ள வட்டை,

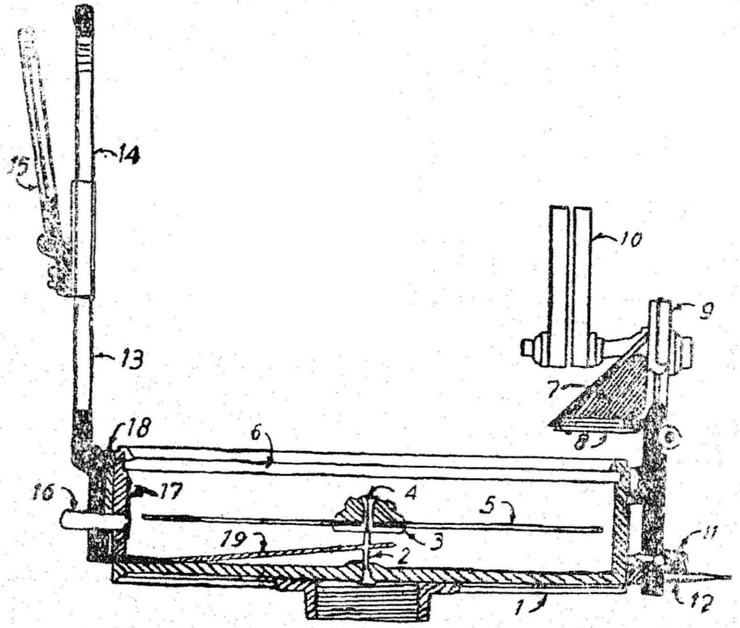
(இ) பார்வைக்கோடு காண அமைந்த உறுப்புகள்.

காந்த வட்டை இரண்டு வகைப்படும். (1) பட்டகக் காந்த வட்டை. (2) அளவையாளர் காந்த வட்டை. இதில் முன்னதே புழக்கத்தில் மிகுந்துள்ளது.

பட்டகக் காந்த வட்டை

இதில் கோணங்களைப் படிப்பதற்கு வசதியாக ஒரு முப்பட்டைக் கண்ணாடி (பட்டகம்) பொருத்தப்பட்டுள்ளதால் இதைப் பட்டகக் காந்தவட்டை என்கின்றனர்.

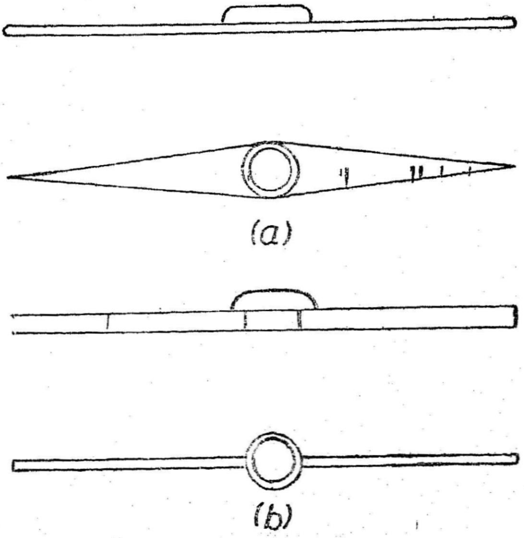
85 மிமீ முதல் 110 மிமீ வரை விட்டமுள்ள வட்டப் பெட்டி (1) ஒன்றின் நடுவில் உள்ள கூர்முனை (2) ஒன்றின்மீது காந்த ஊசி (3) ஒன்று சுழல்கிறது. காந்த ஊசி ஓர் அலுமினிய வட்ட வளையத் தட்டுடன் (5) இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதில் கோணங்கள் ஒரு



படம் 118

பாகை, அரைப் பாகை அளவில் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. இதில் தென்திசையில் சுழியும், வலமாக வளர்ந்து வந்து மேற்கில் 90 பாகையும், வடக்கில் 180 பாகையும், கிழக்கில் 270 பாகையும் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. எண்கள் வெளிப்பக்கம் தலையும், உட்பக்கம் வாலும் இருக்குமாறு வட்ட வளையத்தில் வருவப்பட்டுள்ளன. பார்வைத் தகடும் (13), முப்பட்டைக் கண்ணாடியும் எதிரெதிராக விட்டத்தின் இரு பக்கமும் இருக்கும். வட்டையில் ஒரு கீல் மூலமாக பார்வைத்தகடு பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இதைப் பொருட்தகடு என்றும் சொல்வதுண்டு, ஒரு பொருளை நோக்கும்போது பொருள் உள்ள பக்கம் இது இருக்குமாதலால் அதை பொருட் தகடு என்பர். பார்க்கும்போது நட்டமாக நிறுத்திக்கொள்ளவும், மற்ற வேளைகளில் மடித்தும் வைத்துக் கொள்ள முடியும். இதில் மேற்புறம் நீண்ட துளையும், அதன்

நடுவில் குதிரைமுடி (14) அல்லது பட்டு நூல் அல்லது மெல்லிய கம்பி பொருத்தப்பட்டிருக்கும். பார்வைத் தகடை கண்ணுடி மீது மடித்து வைத்துவிடலாம். மடிக்கும்போது தானுகவே, தூக்கூசி (18) அழுத்தப்படுவதால், காந்த ஊசி அதன் கூர்முனை தாங்கியின் மீதிருந்து தூக்கப்பட்டுவிடுகிறது. அதனுல் கூர்முனை தேயாதவாறு பாதுகாக்கப்படுகிறது. காந்த ஊசியுள்ள வளையம், தூக்கியநிலையில் கண்ணுடியோடு ஒட்டிக்கொண்டு நிற்கிறது.



படம் 119. காந்த ஊசிகள்

காந்த ஊசி கொண்ட வளையம் அதிகமாக ஆடிக்கொண்டிருந்தால் மெதுவாக நிறுத்துவதற்கு, தடைக்குமிழை (16) அழுத்திஞல், அது தடைத்தகட்டைத் (17) தள்ளி வளையத்தின் ஓரத்தில் முட்டுவதால் அதை நிறுத்தும். தடைத்தகடு வில் இயல்பு கொண்டது. அதனுல் தடைக்குமிழை விட்டதும் இரண்டும் பழைய நிலைக்கு வந்துவிடும். தடைக்குமிழ் பார்வைத் தகட்டிற்கும் நேர்கீழே அமைந்துள்ளது.

முப்பட்டைக் கண்ணுடி (7), வளையத்தில் உள்ள எண்களைத் தன் மூலைவிட்டத்தில் எதிரொலித்துக் கண்ணில் தெரியுமாறு செய்கிறது. தனிப்பட்டவர்கள் கண்பார்வைக்கேற்ப முப்பட்டைக் கண்ணுடியை மேலும், கீழும் தள்ள வசதியாக ஒரு திருகு கீழே உண்டு (11). அதைத் திருகி மேலேயும், கீழேயும் தள்ள

மூடியும். முப்பட்டைக் கண்ணாடியின் கிடைமுகப்பும், நட்ட முகப்பும் சற்றே குவிந்திருக்கும், அல்லது குவி வில்லைகள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இதனால் எண்கள் பெரிதாகத் தெரியும். பயன்படுத்தாத வேளையில் முப்பட்டைக் கண்ணாடியை மடித்து வட்டைக்கு வெளியில், அதன் தாங்கி (12)யின்மீது நிறுத்தி விடலாம். பொருள்களை நேர் பார்க்க, முப்பட்டைக் கண்ணாடிக்கு மேல் ஒரு பார்வைத்துளை (9) உள்ளது.

வட்டையின் மேற்பாகம் கண்ணாடி (6)த் தகடால் மூடப் பட்டுள்ளது. இதனால் காந்த ஊசி வளையம் நன்கு தெரியும். அதன்மீது புழுதி படியாமல் பாதுகாப்பாகவும் உள்ளது. பயன் படுத்தாதபோது பார்வைத்தகடைக் கண்ணாடியின் மீது மடித்து வைத்து மூடுமாறு, ஒரு பொன்ம மூடி உள்ளது.

சிலவகைக் கருவிகளில் பார்வைத் தகட்டுடன், அதன் மேல் பாகத்தில், கீலில் ஒரு ஆடி பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இதனால் நேராகத் தெரியாத பொருளை, ஆடியின் எதிரொலியால் அறிந்து கொள்ளலாம்.

முப்பட்டைக் கண்ணாடியின் மேலே உள்ள பார்வைத் துளைக்கு (9) நேர் கொணரும் வகையில் கருப்புக் கண்ணாடியும், வண்ணக் கண்ணாடிகளும் (10) உள்ளன. ஆதவன் போன்ற பேரொளிப் பொருட்களைக் காண்கையில் இவைகளைப் பார்வைக் கோட்டில் திருப்பிக்கொள்ளலாம்.

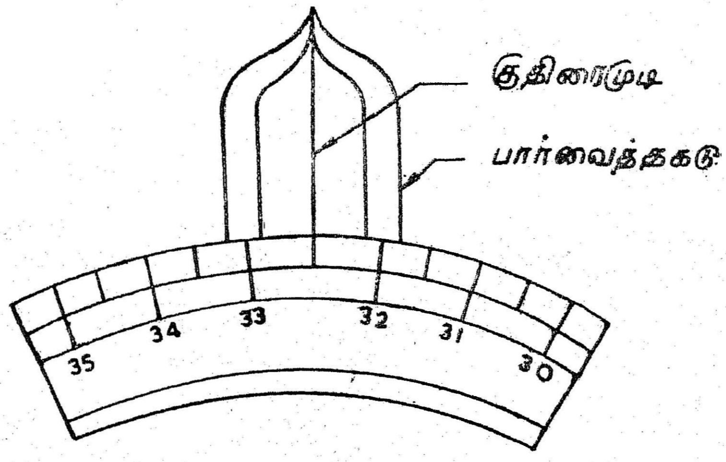
வடக்குத் திசையை நோக்கும்போது காந்த ஊசியும் வடக்கை நோக்கியே இருக்கும். அப்போது கோண அளவு சுழியாக இருக்க வேண்டும். காணும் கண்ணாடியோ தெற்கிலும், பார்வைத்தகடு வடக்கிலும் இருக்கும். அதனால் சுழி தெற்கில் இருக்குமாறு காந்த வளையத்தில் அளவுகள் வருவப்பட்டுள்ளன. பட்டகக் காந்த வட்டையில் கிடைக்கும் அளவுகள் வடக்கிலிருந்து வலஞ் சுழியாக உள்ள திசையம் (bearing) ஆகும். அதனால் அளவுகளும் சுழிமுதல் 360 பாகை வரை வலஞ்சுழியாக வருவப்பட்டுள்ளன.

காடுகள் நிறைந்த இடத்தின் அளக்கைகள், விட்டுப்போன அளவுகள் எடுத்தல் சாலை அமைப்பதின் முன்னோடி அளக்கை, இராணுவத்தில் தோராயமான படம் வரைதல், (route march) குறித்தல் போன்ற வேலைகளுக்கு காந்த வட்டையால் கோடுகளின் திசை அறியப்படுகின்றன. இவை தியோடலைட்டில் கிடைக்கு மளவுக்கு துல்லியமானவை அல்ல. இரும்புக் கனிவளம் மிகுந்த இடங்களில் இதன் அளவுகளை நம்ப இயலாது.

பட்டகக் காந்த வட்டையைப் பயன் படுத்தும் முறை

இதை எளிதாகக் கையில் வைத்துக்கொண்டே அளவுகள் பார்க்கலாம். இருந்தாலும் இதற்கென உள்ள முக்காலியைப் பயன்படுத்துவதே நல்லது. முக்காலியின் மேல்பாகத்தில் கிண்ணமும் பந்தும் கொண்ட ஏற்பாடு உள்ளது. பந்தின் திருகில் வட்டையைப் பொருத்தி நிறுத்தலாம். பந்து கிண்ண அமைப்பால் மட்டமாக நிறுத்துவதும், எல்லாத் திசைகளிலும் சுழற்றுவதும் எளிது.

மையப் படுத்தல் : எந்த நிலையத்தின் மீது கருவியை நிறுத்த வேண்டுமோ அதைச் சுற்றி முக்காலியின் மூன்று கால்களும் இருக்குமாறு கால்களை அகலப்பரப்பி நிறுத்திக்கொள்ள வேண்டும். பின்னர் கருவியின் அடியிலிருந்து சிறு கல் ஒன்றைத் தானாக விழுமாறு விட்டு, விழும் கல் சரியாக நிலையத்தின் மேல் விழும்வரை கருவியின் கால்களைச் சரிசெய்து நிறுத்தவேண்டும்.



படம் 120

மட்டப் படுத்தல் : கண் மதிப்பில் வட்டை மட்டமாக உள்ளதா எனக் கவனித்துக்கொண்டால் போதும். வளையம் எந்த இடத்திலும் கீழே முட்டாமல் அதன் தாங்கு முனையில் தொங்கிக் கொண்டிருந்தால் போதும். பந்து கிண்ண அமைப்பை வேண்டும் வகையில் திருத்தி சரிசெய்யலாம். பின் இறுக்காணியை இறுக்கி நிறுத்திக் கொள்ளலாம்.

திசை அறிதல் : AB கோட்டின் திசை அறிவதற்கு

1. A புள்ளியல் வட்டையை நிறுத்தி, மையப்படுத்துக.

2. பார்வைத் தகட்டை நட்டமாக்கிக் கொள்க.

3. முப்பட்டைக் கண்ணுடியை நட்டமாக்கி, எண்கள் தெளிவாகத் தெரியுமாறு மேலோ, கீழோ தள்ளிக்கொள்க.

4. வட்டையை B நிலையத்திலுள்ள நேர்காண் கம்பை நோக்கித் திருப்பிக்கொள்க. முப்பட்டைக் கண்ணுடியின் துளை வழியாக பார்த்தால், நேர்காண் கம்பும், பார்வைத் தகட்டிலுள்ள குதிரை முடியும் ஒரே கோட்டில் வரும் வரை வட்டையைத் திருப்பி நிறுத்துக. காந்த வளையம் ஆடிக்கொண்டிருந்தால் தடைக்குமிழ அழுத்தி வளையத்தின் ஆட்டத்தை மெதுவாக நிறுத்தவும்.

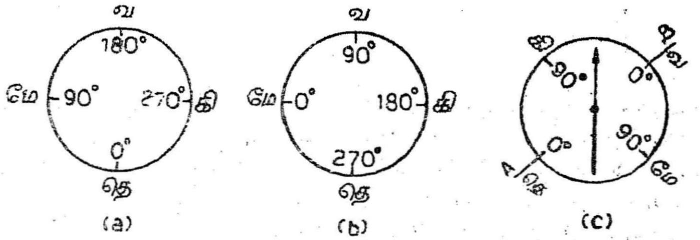
5. முப்பட்டைக் கண்ணுடி வழியாக அளவு படித்துக் குறித்துக்கொள்க. அளவுகளை 15 நிமிடக் கருக்காகக் குறித்துக் கொள்ளலாம். அளவு படிக்கும்போதே பொருளையும் பார்த்துக் கொள்ள வேண்டும்.

அளவையாளர் காந்த வட்டை : பட்டகக் காந்த வட்டை புழக்கத்திற்கு வருமுன் இருந்தது அளவையாளர் காந்த வட்டை ஆகும். முன்னதன் புழக்கம் வந்ததும் அதிலுள்ள கூடுதல் வசதிகள் பின்னதைப் பின்னடையச் செய்துவிட்டன. தோற்றத்தில் முன்னதைப் போலவே இருந்தபோதிலும் பல அடிப்படை வேறுபாடுகள் இரண்டிற்கும் உள்ளன.

பட்டகக் காந்த வட்டையில் அளவு வருவிய வளையமும் காந்த ஊசியும் ஒன்ருக உள்ளது; அளவையாளர் காந்த வட்டையில் ஊசி தனியாகச் சுழலும்; அளவு எழுதிய தாள் பெட்டியின் அடியில் ஒட்டியிருக்கும். இதில் முப்பட்டைக் கண்ணுடி கிடையாது. அதற்குப் பதில் கீற்றுத் துளை கொண்ட ஒரு பார்வைத் தகடு பொருத்தப்பட்டிருக்கும். பாகை அளவுகள் சுழி முதல் 360 பாகை வளருவதற்குப் பதிலாக, நான்கு கால் வட்டங்களாகப் பகுக்கப்பட்டு, ஒவ்வொன்றிலும் சுழி முதல் 90 பாகைவரை மட்டும் இருக்கும்.

பிற முதன்மையான வேறுபாடுகள் :

1. பட்டகக் காந்த வட்டையில் முப்பட்டைக் கண்ணுடியிலேயே பார்வைத்துளை உள்ளதால் பொருளின் நேர் பார்வையும், அளவு எண்களின் எதிரொளியும் ஒரே சமயத்தில் கண்ணில் படும். அளவையாளர் காந்த வட்டையில் பொருளைப் பார்த்த பின் வட்டையை நிறுத்திவிட்டு, அளவுத் தட்டில் அளவு தனியாகப் பார்க்க வேண்டும்.



படம் 121

2. பட்டகக் காந்த வட்டையில் காந்த ஊசியோடு அளவுகளையும் இணைந்திருப்பதால் ஒரே திசை நோக்கி உள்ளது. அளவையாளர் வட்டையில் அளவுகள் அடித்தட்டில் எழுதப் பட்டுள்ளதால், வட்டிலோடு சுற்றுகிறது. ஊசி மட்டும் எப்போதும் வடக்கு நோக்கியே உள்ளது.

3. பட்டக வட்டையில், அளவுகள், சுழி தெற்கிலும் 90 பாகை மேற்கிலும், 180 பாகை வடக்கிலும், 270 பாகை கிழக்கிலும் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. எண்களும் தலைகீழாக வருவப்பட்டுள்ளன (படம் 121 *a*). அளவையாளர் காந்த வட்டையில் எண்கள் நேராக எழுதப்பட்டுள்ளன. வட்டம் நான்கு கால் வட்டங்களாகப் பகுக்கப்பட்டு ஒவ்வொன்றிலும் சுழிமுதல் 90 பாகை வரை எழுதப்பட்டுள்ளன. சுழிகளில் தெ, வ, என்ற எழுத்துக்களும், 90 பாகைகளில் கி, மே, என்ற எழுத்துக்களும் திசைகளைக் குறிப்பதற்காக எழுதப்பட்டிருக்கும். அவற்றில் கி, மே, எழுத்துக்கள் மட்டும் அவற்றின் அசல் திசைகளில் இல்லாமல் பிறழ்ந்து இருக்கும் (படம் 121*b*). வ 45 கி திசையில் உள்ள *AB* என்ற கோட்டை நோக்குவதாக வைத்துக் கொள்வோம். அம்புக் குறிபோல் உள்ள காந்த ஊசி நகராமல் அப்படியே இருக்கும். அடித்தட்டில் உள்ள வ. தெ. கோடு மட்டும் 45° கிழக்கு நோக்கிச் சுழன்றுவிடுகிறது. அதில் ஊசி காட்டும் திசை வ. கி. கால் வட்டத்தில் உள்ளது. எனவே கி. குறி மேற்கில் உள்ளது அப்படி இல்லாமல், அதன் உண்மைத் திசை

யில் இருந்தால் அம்புக்குறி வ. மே. கால் வட்டத்தில் இருப்ப தாகத் தவறான அளவைக் காட்டிவிடும். அதனாலேயே கிழக்கும் மேற்கும் மட்டும் பிறழ்ந்து உள்ளன.

4. பட்டகக் காந்த வட்டையைக் கையால் பிடித்துக் கொண்டுகூட அளவு பார்க்கலாம். ஆனால் அளவையாளர் காந்த வட்டையை ஒத்தைக்கம்பு ஒன்றின்மீது நிறுத்தித்தான் அளவு பார்க்க முடியும். இதற்கு யாகூப் கம்பம் (Jacob staff) என்று பெயர். இதன் உயரம் சுமார் 1·8 மீ இருக்கும். ஒத்தைக் கம்பத் திற்குப் பதிலாக முக்காலி இருந்தால், பயன்படுத்தலாம்.

மட்டிக் காந்த வட்டை : பல்வேறு இடங்களின் உயர வேறு பாடுகளை அறியப் பயன்படும் கருவி மட்டகி (levelling instrument) ஆகும். சில வகை மட்டகிகளில் காந்த வட்டை பொருத்தப்பட் டிருக்கும். இது பட்டகக் காந்த வட்டையைப் போன்றதுதான். அதில் உள்ள சில மாற்றங்கள் வருமாறு :

1. பார்வைத் தகடுகளுக்குப் பதிலாகத் தொலைநோக்கி பயன்படுகிறது. முப்பட்டைக் கண்ணாடி வழியாக பொருளைப் பார்க்க முடியாது ; அளவை மட்டும் படிக்கலாம்.

2. முப்பட்டைக் கண்ணாடி பார்வைக் கோட்டிற்குச் செங் கோணத்தில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். அதனால் அளவுகள் 90 பாகை வலதுபுறம் தள்ளி இருக்கும். சுழி மேற்கிலும், 90° வடக் கிலும், 180° கிழக்கிலும், 270° தெற்கிலும் இருக்கும் (படம் 121 c).

3. கண்ணாடிப் பட்டகத்திற்குக் கீழே, அளவு படிப்பதற்கு வசதியாக ஓர் ஊசி முனை அல்லது அம்புக் குறி பொருத்தப்பட் டிருக்கும்,

திசையம் : புவியில் இரண்டு முதன்மையான திசைகள் உள்ளன. ஒன்று தென்வடல் கோடு, மற்றது அதற்குச் செங் கோணத்திலுள்ள கீழ்மேல் கோடு ஆகும். பிற கோடுகளின் திசைகளை அவை இந்த முதன்மையான கோடுகளுடன் தாங்கும் இடைக் கோணத்தைக்கொண்டு குறிப்பிடுவது வழக்கம். இந்தக் கோணத்தைத் தாங்குகோணம் என்று சொல்லலாம். ஆங்கிலத் தில் bearing என்று சொல்லப்படுகிறது. ஆனால் இதன் உண்மை யான நோக்கம் அக்கோட்டின் திசையைக் குறிப்பிடுவதுதான். எனவே அதை திசையம் என்று சொல்வது மிகவும் பொருத்தமாக

இருக்கும். அளக்கையில் ஒரு அடிப்படைக் கோட்டுடன் இன்னொரு புதிய கோடு தாங்கும் இடைக்கோணத்தை திசையம் (bearing) என்ற சொல்லால் சுட்டுகிறோம்.

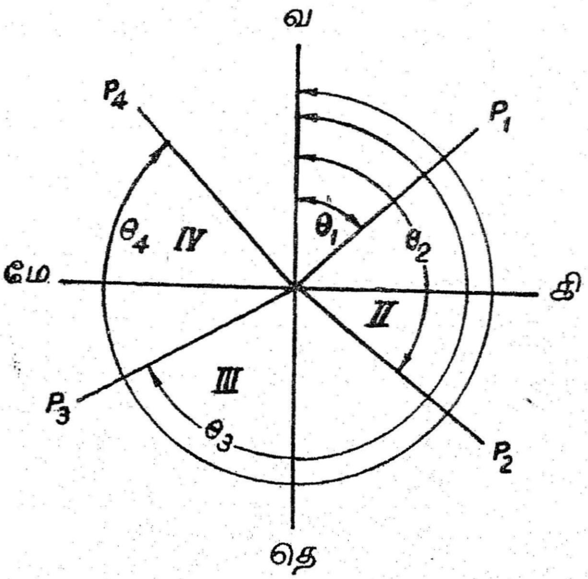
மேவரை : திசையம் என்பது ஓர் அடிப்படைக் கோட்டுடன் புதிய கோடு, தாங்கும் இடைக்கோணம் என்று மேலே கூறப்பட்டது. அந்த அடிப்படைக்கோட்டை ஆங்கிலத்தில் meridian என்பர். மெரிடியன் என்பது வானவியலில், வட, தென்முனைகளின் வழியாகவும், ஓர் இடத்தின் தலைக்கு நேர் மேலேயும் செல்லும் கற்பனைக்கோடு ஆகும். அதை மேவரை என்று சொல்லலாம். அதே சொல்லை அளக்கையியலிலும் பயன்படுத்தலாம். அளக்கையியலில் புவிப்பரப்பில் பல்வேறு கோடுகளின் திசையங்களுக்கு அடிப்படைக்கோடாக (அ) புவி மேவரை எனப்படும் அசல் மேவரை, (ஆ) காந்த மேவரை, (இ) கட்டுப்பாடு ஏதுமின்றி வசதியைப் பொருத்து நாமாக அவ்வப்போது வைத்துக் கொள்ளும் ஏதாவதொரு கோடு ஆகியவை பயன்படுகின்றன. சமதள அளவையில் காந்த மேவரையும், புவிப் பகுப்பளக்கையில் (geodesy) அசல் மேவரையும் புழக்கத்தில் உள்ளன.

அசல் மேவரை (True Meridian): புவியின் அச்சும் புறப் பரப்பும் வெட்டுமிடங்கள் புவியின் வடமுனை (north pole), தென் முனை (south pole) எனப்படுகின்றன. ஒரு புள்ளியின் வழியாகச் செல்லும் புவி மேவரை என்பது, அப்புள்ளி, வடமுனை, தென்முனை வழியாகச் செல்லும் சமதளத்தில் புவிப்பரப்பு வெட்டும் கோடு ஆகும். ஒரு புள்ளியின் வழியாகச் செல்லும் அசல் மேவரை மாற்றமில்லாதது. பல மேவரைகளின் வழியாகச் செல்லும் மேவரைகள் ஒன்றுக்கொன்று இணையானவை அல்ல; முனைகளில் கூடுபவை. ஆனால் புவியின் பரப்பு மிகவும் பெரியதாகையால், சிறிய பரப்பளவுகளில் அவற்றின் வளைவு தெரியாது. அதனால் சிறிய நில அளக்கைகளுக்கு அவைகளை இணைகோடுகளாக எடுத்துக்கொள்கிறோம். புவி மேவரையை அசல் மேவரை என்றும் சொல்கிறோம். அசல் மேவரைக்கும், ஒரு கோட்டிற்கும் இடைப் பட்ட கோணத்தை அசல் திசையம் (true bearing) என்கிறோம். இதை 'அசிமத்' என்ற அரபுச் சொல்லாலும் சுட்டுவதுண்டு.

காந்த மேவரை (Magnetic Meridian) : வேறு விசைகளால் தாக்குறாத, தடை ஏதுமின்றித் தொங்குகின்ற காந்த ஊசி காட்டும் திசை, காந்த மேவரை எனப்படும். இதைக் காந்தத் தென்வடல் கோடு என்றும் சொல்வதுண்டு. காந்த மேவரையோடு, ஒரு கோடு அமைக்கும் கோணம் காந்த திசையம் ஆகும்.

இல்கட்டு மேவரை (Arbitrary Meridian): கட்டுப்பாடு ஏதுமின்றி ஏதாவதொரு வசதியான திசை வழியே செல்லும் கோடு ஒன்றைத் தேர்ந்தெடுத்து அடிப்படைக் கோடாக பயன்படுத்துவதுமுண்டு. அத்தகைய கோட்டை இல்கட்டு மேவரை என அழைக்கின்றோம். அளக்கை நிலையத்திலிருந்து, மாறுத, முதன்மை வாய்ந்த ஒரு பொருளை இணைக்கும் கோட்டையோ, அல்லது அளக்கையில் முதற்கோட்டையோ இல்கட்டு மேவரையாகத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்வது வழக்கம். அத்தகைய இல்கட்டு மேவரையோடு ஒரு கோடு பொருந்தும் கோணம் இல்கட்டு திசையம் எனப்படுகிறது.

திசையங்களின் பெயர்கள்: பெரும்பாலும் திசையம் என்று தனியாகச் சொன்னால் அது காந்த திசையத்தையே குறிக்கும். திசையங்கள் இரண்டு வழிகளில் அளக்கப்படுகின்றன. ஒன்று முழு வட்ட திசையம்; இரண்டாவது கால் வட்ட திசையம்.



படம் 122

முழுவட்ட முறை: இதில், ஒரு கோடு, மேவரையின் வடக்குத் திசையிலிருந்து நிலையப் புள்ளியை மையமாகக் கொண்டு வலஞ்சுழியாக அமைக்கும் கோணம் அளக்கப்பட்டு, முழுவட்ட திசையம் எனப்படுகிறது. இதில் திசையம் சுழி முதல் 360 பாகை வரை எது வேண்டுமானாலும் இருக்கலாம். சுழியும் 360 பாகையும்

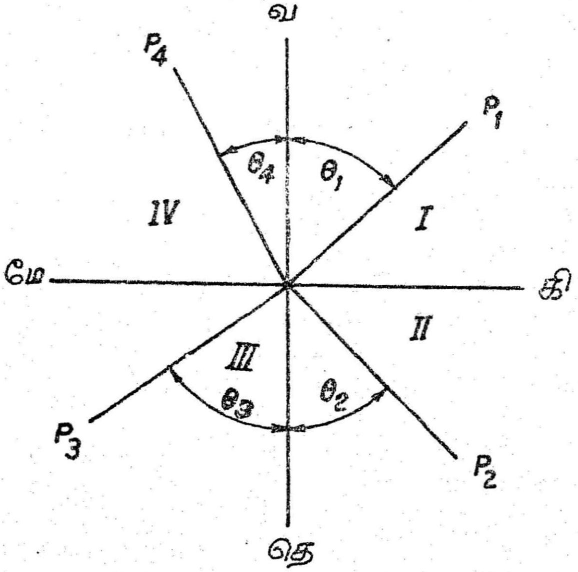
வடக்குத் திசையைச் சுட்டும். இதில் வடக்கு, கிழக்கு, தெற்கு, மேற்கு போன்ற திசைக்குறிகளுக்கு வேலையில்லை. எல்லா இடைத் திசையங்களும் பாகையினல் மட்டுமே சுட்டப்படுகின்றன. பட்டகக் காந்த வட்டையிலும், மட்டகியின் காந்த வட்டையிலும் கிடைப்பவை முழுவட்ட திசையங்களே ஆகும். 122 ஆம் படத்தில் AP_1, AP_2 ஆகியவற்றின் திசையங்கள் முறையே θ_1 θ_2, என கோணத்தினல் மட்டுமே குறிக்கப்படுகின்றன.

கால் வட்ட முறை : இந்த முறையில்/நிலையத்தைச் சுற்றியுள்ள சமதளம் நான்கு கால் பாகங்களாகப் பிரித்துக்கொள்ளப் படுகிறது. நான்கு திசைகளும் வலஞ் சுழியாக முறையே வடக்கு, கிழக்கு, தெற்கு, மேற்கு என்ற திசைகளின் முதல் எழுத்துக்களால் குறிக்கப்படுகின்றன. முதல் கால் பாகம் வ. கி. எழுத்துக்களுக்குள்ளும், இரண்டாவது கால் பாகம் கி. தெ. எழுத்துக்களுக்குள்ளும், மூன்ருவது கால்பாகம் தெ. மே. எழுத்துக்களுக்குள்ளும், நான்காவது பாகம் மே. வ. எழுத்துக்களுக்குள்ளும் இருப்பனவாகும். கால்வட்ட முறையில் திசைக்கோணங்கள் வடக்கு, தெற்கு திசைகளிலிருந்து வலஞ்சுழியாகவோ, இடஞ்சுழியாகவோ கிழக்கிலும், மேற்கிலும் அளக்கப்படுகின்றன. அதாவது முதல் கால்பாகத்தில் வடக்கிலிருந்து தொடங்கி கிழக்கு நோக்கியும், இரண்டாவது பாகத்தில் தெற்கிலிருந்து கிழக்கு நோக்கியும், மூன்ருவது பாகத்தில் தெற்கிலிருந்து மேற்கு நோக்கியும் நான்காவது பாகத்தில் வடக்கிலிருந்து மேற்கு நோக்கியும் அளக்கப்படுகின்றன. அதனல் அந்தக் கோணங்கள் சுழி முதல் 90 பாகைக்குள்ளாகவே இருக்கும். இந்த முறையில் கோணம் தொடங்கும் திசையும், வளரும் திசையும் குறிக்க வேண்டியது மிகவும் இன்றியமையாததாகும்.

கால்வட்ட திசைய முறையில் திசையத்தைக் குறிக்க இரண்டு முறைகள் புழக்கத்தில் உள்ளன. முதல் முறையில் கால் வட்டத்தைச் சுட்டும் எழுத்துக்களைக் கோணத்திற்குப் பின்னல் எழுதிக் காட்டப்படுகிறது. AP_1, AP_2 கோடுகளின் திசையங்கள், θ_1 வ.கி. என்றும், θ_2 தெ.கி. என்றும் எழுதப்படுகின்றன. ஆனல் இந்த முறை அதிகமாகப் புழக்கத்தில் இல்லை.

இரண்டாவது முறைதான் பெரும்பாலும் புழக்கத்தில் உள்ளது. அதில் கோணத்தைக் காட்டும் எண்ணின் முன்னல் அளவு தொடங்கும் திசையின் எழுத்தும், பின்னல் அளவு வளரும் திசையும் எழுதிக் காட்டப்படுகின்றன. அளவுகள் எப்போதும் வடக்கு, அல்லது தெற்கிலிருந்து தொடங்குவதால் வ, தெ, எழுத்

துக்கள் எப்போதும் முன்னுலும், அவை எப்போதும் கிழக்கு, மேற்கு திசைகளை நோக்கியே வளருவதால் கி, மே, எழுத்துக்கள் எப்போதும் பின்னுலும் வருகின்றன, கிழக்கு, மேற்கு திசைகளி லிருந்து அளவுகள் எப்போதும் தொடங்கா. AP_3யின் திசையம் தெθ_3மே என்றும், AP_4யின் திசையம் வθ_4மே என்றும் எழுதப்படு



படம் 123

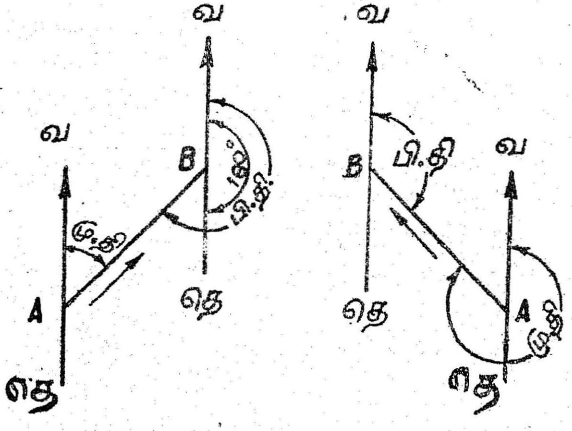
கின்றன. இவற்றை குறைத்த திசையம் (reduced bearing) என்றும் சொல்வதுண்டு. குறைத்த திசையத்தின் நன்மை என்ன வெனில், இதில் உள்ள கோணங்கள் கோணகணித முறைகளுக் கேற்ப உள்ளதால், சைன், கோசைன் போன்ற உறவுகளுக்கு அட்டவணையிலிருந்து விடைகளை நேரடியாக எடுத்துக் கொள்ளலாம். ஆனல் பெருந்தீமை யாதெனின் (அ) திசை காட்டும் எழுத்துக்கள் விடுபட்டுப்போய்விட்டால் எண்களுக்குப் பொருளே இல்லை; (ஆ) திசைகாட்டும் எழுத்துக்களைக் கண்டு எழுதுவது தொல்லை தருவதாகும்; பிழைகளும் அதிகம் ஏற்படும். அளவையாளர் காந்த வட்டையில் கிடைப்பவை கால்வட்ட திசை யங்களே ஆகும்.

குறைத்த திசையம் : முழுவட்ட திசையத்தில் கோண எண் 90 பாகைக்கு மேற்பட்டால், அதை, அதற்கிணையான 90 பாகைக்குக் குறைந்த எண்ணுக மாற்றவேண்டிய தேவை

ஏற்படலாம். கோணகணித உறவுகளுக்கு இவ்வாறு குறைக்க வேண்டியது இன்றியமையாதது. இந்தக் கோணத்திற்குக் குறைத்த கோணம் அல்லது குறைத்த திசையம் என்று பெயர். முழுவட்ட திசையத்திலிருந்து குறைத்த திசையம் காண பின் கண்ட உறவு முறையைப் பயன்படுத்தலாம்.

வகை	மு. வ தி. எல்லைகள்	கு. தி.க்கான விதி	கால் வட்டம்
1.	0° முதல் 90° வரை	= மு. வ. தி.	வ. கி.
2.	90° ,, 180° ,,	= 180° மு. வ. தி.	தெ. கி.
3.	180° ,, 270° ,,	= மு. வ. தி. 180°	தெ. மே.
4.	270° ,, 360° ,,	= 360° மு. வ. தி.	வ. மே.

முன், பின் திசையங்கள் : ஒவ்வொரு கோட்டிற்கும் இரண்டு திசையங்கள் உண்டு. ஒன்று அளக்கை வரிசைப்படி, கோட்டின் தொடக்கத்தில் எடுப்பது. மற்றது, கோடு முடியும் இடத்தில்



படம் 124

பின்னேக்கி கோட்டின் தொடக்கத்தைப் பார்த்து, அதன் திசையம் காணல் ஆகும். முதல் திசையம் முன் திசையம் (fore bearing) என்றும், பின்னது பின் திசையம் (back or rear bearing) என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.

திசையம் சொல்லும்போது கோட்டின் தொடங்கும் புள்ளியின் பெயரும், பார்க்கும் புள்ளியின் பெயரும் சேர்த்துச் சொல்லப்படுகிறது. *AB* கோட்டின் திசையம் *A* யில் எடுக்கப் படுவது. *B* யில் எடுக்கப்படும் திசையம் *AB* யின் பின் திசையம் என்றோ, *BA* யின் திசையம் என்றோ குறிப்பிடப்படுகிறது. ஒரு கோட்டின் முன்திசையத்திற்கும் பின்திசையத்திற்கும் உள்ள வேறுபாடு 180 பாகையாக இருப்பதை உணரலாம். எனவே முழுவட்ட திசையத்தில் முன்திசையம் தெரிந்தால் பின்கண்ட உறவால் பின்திசையத்தை எளிதில் அறியலாம்.

பின்திசையம் = முன்திசையம் $\pm$ 180 பாகை

முன்திசையம் 180 பாகைக்குக் குறைவாக இருந்தால் கூட்டல் குறியையும், கூடுதலாக இருந்தால் கழித்தல் குறியையும் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும்.

கால்வட்ட திசையத்தில் முன்திசையமும் பின்திசையமும் ஒரே எண்ணுகை இருக்கும். இணைந்துவரும் திசை எழுத்துக்களுக்கு எதிர் எழுத்துக்களைப் போட்டுக்கொண்டால் போதும். *CD* என்ற கோட்டின் திசையம் வ$30^\circ\ 45'$ மே என்று இருந்தால் அதன் பின் திசையம் தெ $30^\circ\ 45'$ கி ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

கணக்கு 1 : பின்கண்ட முழுவட்ட திசையங்களைக் கால் வட்ட திசையங்களாக மாற்றுக. (அ) $44^\circ\ 50'$ (ஆ) $160^\circ\ 20'$ (இ) $222^\circ\ 35'$ (ஈ) $340^\circ\ 22'$

(அ) முழுவட்ட திசையம் = $44^\circ\ 50'$ இது முதல் கால் வட்டத்தில் உள்ளது.

அதனால் கால்வட்ட திசையம் = வ$44^\circ\ 50'$ கி.

(ஆ) மு. வ. தி. = $160^\circ\ 20'$ இது இரண்டாவது கால் வட்டம்

கால்வட்ட திசையம் = 180° − மு. வ. தி.

= $180^\circ - 160^\circ\ 20'$ = $20^\circ\ 40'$ தெ.கி

= தெ $20^\circ\ 40'$ கி

(இ) மு. வ. தி = $222^\circ\ 35'$ இது மூன்றாவது கால் வட்டம்

கால்வட்ட திசையம் = $222^\circ\ 35' - 180^\circ$ = $52^\circ\ 35'$ தெ.மே.

= தெ. $52^\circ\ 35'$ மே.

(ஈ) மு. வ. தி. $= 340^\circ\ 22'$ இது நான்காவது கால்வட்டம்
கால்வட்ட திசையம் $= 360^\circ - 340^\circ\ 22' = 19^\circ\ 38'$ வ.மே.
$=$ வ $19^\circ\ 38'$ மே

கணக்கு 2 : கீழ்க்கண்ட குறைத்த திசையங்களை முழுவட்ட திசையமாக்குக (அ) வ $30^\circ\ 15'$ கி (ஆ) தெ $35^\circ\ 30'$ கி (இ) தெ $45^\circ\ 25'$மே (ஈ) வ $40^\circ\ 35'$ மே.

(அ) குறைத்த திசையம் $=$ வ $30^\circ\ 15'$ கி
இது முதல் கால்வட்டம்
$\therefore$ மு. வ.தி. $=$ கு. தி. $= 30^\circ\ 15'$

(ஆ) குறைத்த திசையம் $=$ தெ $35^\circ\ 30'$ கி
இது இரண்டாவது கால்வட்டம்
$\therefore$ மு.வ.தி. $= 180^\circ -$ கு. தி.
$= 180^\circ - 35^\circ\ 30' = 144'\ 40'$

(இ) குறைத்த திசையம் $=$ தெ $45^\circ\ 25'$ மே
இது மூன்றாவது கால்வட்டம்
$\therefore$ மு. வ.தி. $= 180^\circ +$ கு. தி.
$= 180^\circ + 45^\circ\ 25' = 225^\circ\ 25'$

(ஈ) குறைத்த திசையம் $=$ வ $40^\circ\ 35'$ மே
இது நான்காவது கால்வட்டம்
$\therefore$ மு. வ. தி. $= 360^\circ -$ கு. தி.
$= 360^\circ - 40^\circ\ 35' = 319^\circ\ 25'$

கணக்கு 3 : சில கோடுகளின் முன் திசையங்கள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றின் பின்திசையங்கள் காண்க. $AB = 24^\circ\ 10'$; $BC = 130^\circ\ 20'$; $CD = 220^\circ\ 45'$; $DF = 330^\circ\ 25'$

AB யின் முன்திசையம் $= 24^\circ\ 10'$

AB யின் பின்திசையம் $= 24^\circ\ 10' + 180^\circ = 204^\circ\ 10'$

BC யின் முன்திசையம் $= 130^\circ\ 20'$

BC யின் பின்திசையம் $= 130° 20' + 180° = 310° 20'$

CD யின் முன்திசையம் $= 220° 45'$

CD யின் பின்திசையம் $= 220° 45' - 180° = 40° 45'$

DE யின் முன்திசையம் $= 330° 25'$

DE யின் பின்திசையம் $= 330° 25' - 180° = 150° 25'$

கணக்கு 4 : சில கோடுகளின் முன்திசையங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றின் பின்திசையங்கள் காண்க.

$AB =$ வ $40° 15'$ கி $BC =$ தெ $35° 20'$ கி

$CD =$ தெ $22° 25'$ மே $DE =$ வ $72° 30'$ மே

கால்வட்ட திசையங்களில் முன்திசையத்திற்கும் பின்திசையத்திற்கும் கோண எண் அப்படியே இருக்கும். திசை அடையாளங்கள் மட்டும் மாறிவிடும்.

AB யின் முன்திசையம் $=$ வ $40° 15'$ கி

$\therefore AB$ யின் பின்திசையம் $=$ வ $40° 15'$ மே

BC யின் முன்திசையம் $=$ தெ $35° 20'$ கி

$\therefore BC$ யின் பின்திசையம் $=$ வ $35° 20'$ மே

CD யின் முன்திசையம் $=$ தெ $22° 25'$ மே

$\therefore CD$ யின் பின்திசையம் $=$ வ $22° 25'$ கி

DE யின் முன்திசையம் $=$ வ $72° 30'$ மே

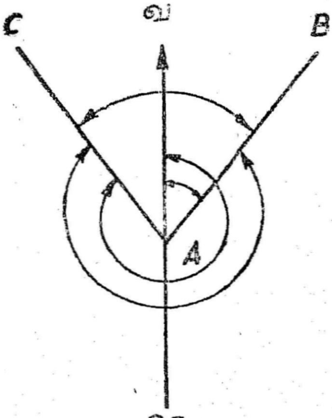
$\therefore DE$ யின் பின்திசையம் $=$ தெ $72° 30'$ கி

திசையங்களிலிருந்து கோணங்கள் கண்டுபிடித்தல்

இரண்டு கோடுகள் ஒரு புள்ளியில் சந்தித்துக் கொள்ளும் போது அவற்றின் உள்ளே ஒரு கோணமும் வெளியே ஒரு கோணமும் அமைகின்றன. பெரும்பாலும் சிறிய கோணத்தை உட்கோணம் என்றும் பெரியதை வெளிக்கோணம் என்றும் சொல்கிறோம். இரண்டு கோணங்களின் கூட்டுத்தொகை எப்போதும் 360 பாகை இருக்கும், இரண்டு கோடுகளின் திசையங்களிலிருந்து அவற்றின் இடைக்கோணங்களைக் கண்டுபிடிக்கும் வழிகளை அறிந்துகொள்ள வேண்டும்.

முதல்வழி : முழு வட்ட திசையங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன :

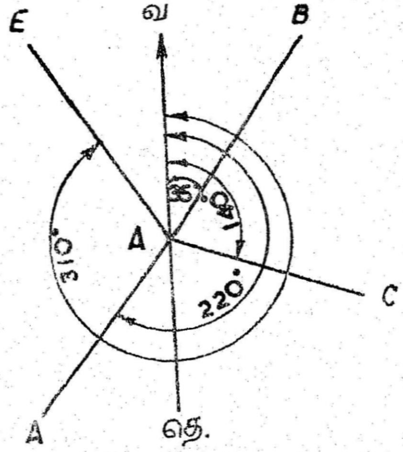
(அ) இரண்டு கோடுகளும் சந்திக்கும் புள்ளியில் எடுத்த திசையங்கள் கொடுக்கப்பட்டிருந்தால் :



படம் 125

சட்டம் : பெரிய திசையத்திலிருந்து, சிறியதைக் கழித்துக் கொள்க. வரும் விடை 180 பாகைக்குக் குறைவாக இருந்தால் அதுவே உட்கோணம் ஆகும்; 180 பாகைக்கு மிகுந்திருந்தால் அது வெளிக்கோணம் ஆகும்; 360 பாகையிலிருந்து அதைக் கழித்தால் உட்கோணம் கிடைக்கும்.

125ம் படத்தில் *AB*, *AC* ஆகியவற்றின் முழுவட்ட திசையங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இரண்டின் வேறுபாடு வெளிக்கோணம் ஆகும். அதை 360 பாகையிலிருந்து கழித்தால் உட்கோணம் கிடைக்கும்.



படம் 126

படம் 126 பார்க்கவும்

$AB = 35°$

$AC = 140°$

$AD = 220°$

$AE = 310°$

இதற்கான சட்டப்படி

$\angle BAC$ = AC யின் திசையம் — AB யின் திசையம்

$= 140° - 35° = 105°$

$\angle CAD$ = AD யின் திசையம் — AC யின் திசையம்

$= 220° - 140° = 80°$

$\angle DAE$ = AE யின் திசையம் — AD யின் திசையம்

$= 310° - 220° = 90°$

$\angle BAE$ = AE யின் திசையம் — AB யின் திசையம்

$= 310 - 35° = 285°$ இது வெளிக் கோணம்

$\angle EAB = 360° - 285° = 72°$ இது உட்கோணம்

(ஆ) இரண்டு கோடுகளின் திசையங்கள் தெரிந்தால்

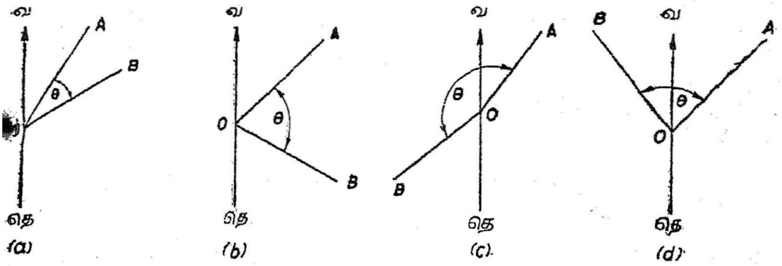
கொடுக்கப்பட்ட திசையங்களை, அந்த இருகோடுகளும் சந்திக்கும் புள்ளியில் திசையம் எடுக்கப்பட்டிருந்தால் என்ன இருக்குமோ அவ்வாறு மாற்றிக்கொண்டு, பிறகு மேலே சொன்ன சட்டத்தைப் பின்பற்ற வேண்டும்.

சான்றாக 123 ஆம் படத்தில் CA, AB கோடுகளின் திசையம் தரப்பட்டிருந்தால். முதலில் CA கோட்டின் திசையிலிருந்து AC கோட்டின் தி சையமாக மாற்றிக்கொள்ள வேண்டும். AC யின் திசையம் CA யின் பின்திசையம் ஆகும். அது CA யின் திசையம் $+ 180°$ ஆகும். இதிலிருந்து CAB யின் உட்கோணத்தை முன்னர் கூறியபடி கண்டுபிடிக்கலாம்.

இரண்டாம் வழி : கோடுகளின் குறைத்த திசையம் கொடுக்கப் பட்டிருந்தால்

குறைத்த திசையம் கொடுக்கப்பட்ட இடங்களில், எப் போதும் படம் ஒன்று வரைந்துகொள்வது குழப்பத்தைக் குறைக்கும். நடுப்புள்ளி (0) யிலிருந்து, வட, தென் மேவரைகளை

வரைந்து குறித்துக்கொள்க. அவைகளை வ. தெ. எழுத்துக்களால் அடையாளம் செய்துகொள்க.



படம் 127

சட்டம் : (அ) கோடுகள் இரண்டும் ஒரே மேவரையின் ஒரே பகத்தில் இருந்தால் (படம் 127a). இடைக்கோணம் = இரண்டு திசையங்களின் வேறுபாடு.

$\therefore \angle AOB = OA, OB$ திசைகளின் வேறுபாடு.

(ஆ) கோடுகள் இரண்டு மேவரைகளுக்கும் ஒரே பக்கத்தில் இருந்தால் (படம் 127b). இடைக்கோணம் 180° இரண்டு குறைத்த திசைகளின் கூட்டுத் தொகை.

$\therefore \angle AOB = 180° - OA, OB$ க்களின் குறைத்த திசையங்களின் கூட்டுத்தொகை.

(இ) கோடுகள் இரண்டு மேவரைகளுக்கும் இரு பக்கமும் இருந்தால் (படம் 127c). இடைக்கோணம் 180° -இரண்டின் குறைத்த திசையங்களின் வேறுபாடு.

$\therefore \angle AOB = 180° - OA, OB$ க்களின் குறைத்த திசையங்களின் வேறுபாடு.

(ஈ) கோடுகள் ஒரே மேவரையின் இருபக்கங்களிலும் இருந்தால் (படம் 127d). இடைக்கோணம் = இரண்டின் குறைத்த திசையங்களின் கூட்டுத்தொகை.

$\therefore \angle AOB = OA, OB$ க்களின் குறைத்த திசையங்களின் கூட்டுத்தொகை.

கணக்கிட்ட திசையம் : திசையங்களை நேரிடையாகக் களத்தில் கருவிகளால் பார்த்தும் அறியலாம். கணக்கிட்டும் அறியலாம். பார்த்து அறியும் கோணத்தைப் பார்த்த திசையம் என்றும், கணக்கிட்டு அறிவதைக் கணக்கிட்ட திசையம் என்றும் அழைக்கலாம். ஒரு கோட்டின் திசையமும் பிற கோடுகளின் இடைபட்ட கோணங்களும் தெரிந்தால் பிற கோடுகளின் திசையங்களைக் கணக்கிட்டு அறிய இயலும்.

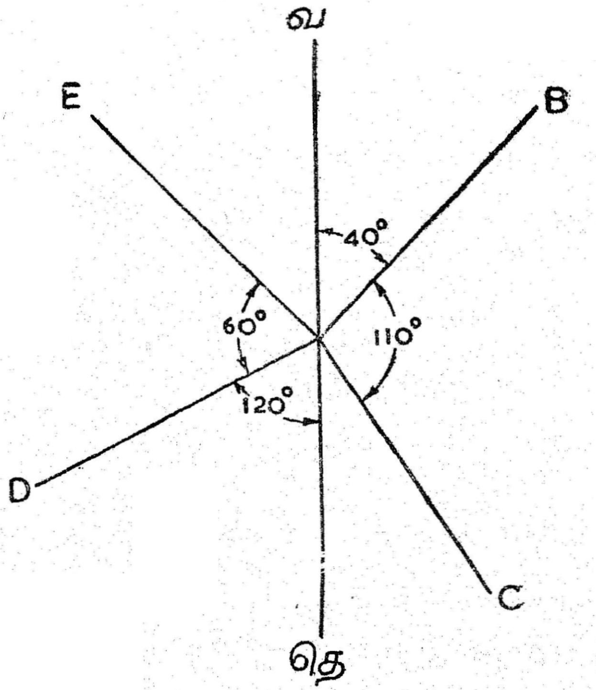
சட்டம் : புதிய கோட்டின் திசையம் = முதல் கோட்டின் திசையம் + இரண்டாவது கோட்டிற்கும் முதற் கோட்டிற்கும் உள்ள இடைக்கோணம்.

128 ஆம் படத்தில் *AB* யின் முழுவட்ட திசையம் 40°

$\angle BAC = 100°$

$\angle CAD = 120°$

$\angle DAE = 60°$



படம் 128

கணக்கிட்ட திசையங்கள் வருமாறு :—

AB யின் திசையம் $= 40^\circ$

AC யின் திசையம் $= 40^\circ + 100^\circ = 140^\circ$

AD யின் திசையம் $= 140 + 120^\circ = 260^\circ$

AE யின் திசையம் $= 260 + 60^\circ = 320^\circ$

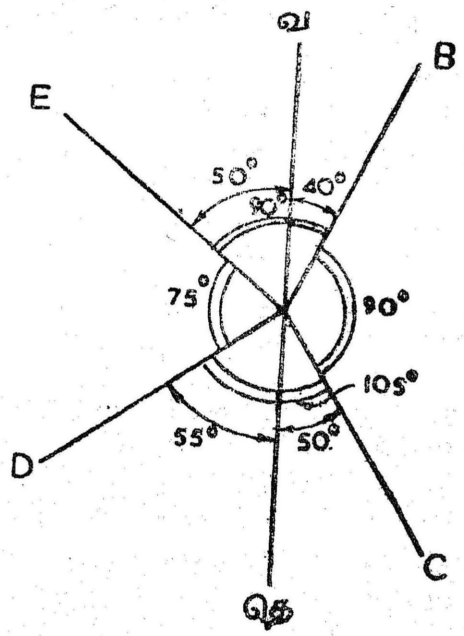
29 ஆம் படத்தில் *AB* யின் பார்த்த திசையம் = வ 40° கி

$\angle BAC = 90^\circ$

$\angle CAD = 105^\circ$

$\angle DAE = 75^\circ$

$\angle EAB = 90^\circ$



படம் 129

(அ) *AC* யின் கணக்கிட்ட திசையம் :—

AB யின் கு. தி.	=	40°
$\angle BAC$	=	90°
மொத்தம்	=	130°

AC யின் குறைத்த திசையம்

$= 180° - 130° = 50°$ தெ. கி.

= தெ 50° கி

(ஆ) AD யின் கணக்கிட்ட திசையம் :

$\angle CAD$	=	105°
AC யின் கு. தி.	=	50°
வேறுபாடு	=	55°

AD யின் குறைத்த திசையம் = தெ 55° மே

(இ) AE யின் கணக்கிட்ட திசையம் :—

$\angle DAE$	=	75°
AD யின் கு. தி.	=	55°
மொத்தம்	=	130°

AE யின் குறைத்த திசையம் $= 180° - 130° = 50°$ வ. கி.

= வ 50 கி

குறிப்பு : குறைத்த திசையம் வரும் கணக்குகளில் ஒரு படம் வரைந்துகொள்வது நல்லது.

இடைபடு கோணங்கள் கணக்கிட்டறியும் எடுத்துக்காட்டுகள்

கணக்கு 1 : OA, OB என்ற இரண்டு கோடுகளின் திசையங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றின் இடைக் கோணங்களைக் காண்க.

(அ) 40° 15′ & 152° 40′

(ஆ) 20° 20′ & 338° 36′

(இ) 125° 18′ & 310° 28′

(அ) $\angle AOB$ = OBயின் திசையம் — OA யின் திசையம்

$= 152° 40' - 40° 15' = 112° 25'$

(ஆ) $\angle AOB$ = OB யின் திசையம் — OA யின் திசையம்

$= 338^\circ 36' - 20^\circ 20' = 318^\circ 16'$

இது வெளிக்கோணம். 360 பாகையிலிருந்து கழித்தால் உட்கோணம் கிடைக்கும்.

$\therefore BOA = 360^\circ - 318^\circ 16' = 41^\circ 44'$

(இ) $\angle AOB$ = OB யின் திசையம் — OA யின் திசையம்

$= 310^\circ 28' - 125^\circ 18' = 185^\circ 10'$

இது வெளிக்கோணம்

$\therefore$ உட்கோணம் $= \angle BOA = 360^\circ - 185^\circ 10'$

$= 174^\circ 50'$

கணக்கு 2 : AB, BC கோடுகளின் திசையங்கள் வருமாறு : அவற்றின் இடைக் கோணங்களைக் காண்க.

(அ) $140^\circ 15'$ & $70^\circ 25'$

(ஆ) $80^\circ 42'$ & $136^\circ 12'$

முதலில் B புள்ளியில் எடுத்தது போல் இரண்டையும் மாற்றிக்கொண்டு, பின்னர் உட்கோணம் கண்டுபிடிக்கவேண்டும்.

(அ) AB யின் திசையம் $= 140^\circ 15'$

$\therefore BA$ யின் திசையம் $= 140^\circ 15' + 180^\circ = 320^\circ 15'$

BC யின் திசையம் $= 70^\circ 25'$

$\angle CBA$ = இரண்டின் வேறுபாடு $= 320^\circ 15' - 70^\circ 25'$

$= 249^\circ 50'$

இது வெளிக்கோணம்

$\therefore$ உட்கோணம் $= \angle ABC = 360^\circ - 249^\circ 50'$

$= 110^\circ 10'$

(ஆ) ABயின் திசையம் $= 80^\circ 42'$

$\therefore BA$ யின் திசையம் $= 80^\circ 42' + 180^\circ = 260^\circ 42'$

BCயின் திசையம் $= 136^\circ 12'$

இடைக்கோணம் $= \angle CBA = 260^\circ 42' - 136^\circ 12'$

$= 124^\circ 30'$

கணக்கு 3 : AB என்ற கோட்டின் திசையம் $145^\circ 30'$. AB, BC கோடுகளின் இடைபடு கோணம் $136^\circ 42'$ BC கோட்டின் திசையம் காண்க.

AB யின் திசையம் = $145° 30'$

∴ *BA* யின் திசையம் = $145° 30' + 180° = 325° 30'$

BC யின் திசையம் = *BA* யின் திசையம் + இடைக் கோணம்

$= 325° 30' + 136° 42'$

$= 462° 12'$

அல்லது $462° 12' - 360° = 102° 12'$

கணக்கு 4 : *AB*, *BC* கோடுகளின் திசையங்கள் கொடுக்கப் பட்டுள்ளன. ஒவ்வொன்றின் இடைக்கோணம் *BAC* காண்க.

(அ) *AB* வ $20° 20'$ கி *AC* வ $82° 10'$ கி

(ஆ) *AB* வ $15° 25'$ கி *AC* தெ $70° 15'$ கி

(இ) *AB* தெ $60° 30'$ கி *AC* தெ $40° 30'$ மே

(ஈ) *AB* வ $36° 40'$ மே *AC* வ $48° 30'$ கி

(உ) *AB* வ $40° 42'$ கி *AC* தெ $30° 32'$ மே

(ஊ) *AB* தெ $42° 12'$ மே *AC* வ $72° 36'$ மே

(அ) *AB* வ $20° 20'$ கி *AC* வ $82° 10'$ கி
இரண்டும் ஒரே கால்வட்டத்தில் உள்ளன.

∴ $\angle BAC$ = இரண்டின் வேறுபாடு

$= 82° 10' - 20° 20' = 51° 50'$

மாற்றுவழி : இரண்டையும் முழுவட்ட திசையங்களாக்கிக் கழிக்க வேண்டும். ஒரே கால்வட்டமாதலால், முழுவட்ட திசையமாக்கும்போது, திசை எழுத்து ஓடிவிட, எண்கள் மட்டும் மிஞ்சும். எனவே அவற்றின் வேறுபாடுதான் இடைக்கோணம்.

(ஆ) *AB* வ $15° 25'$ கி *AC* தெ $70° 15'$ கி
AB முதல் கால்வட்டத்திலும், *BC* இரண்டாவது கால்வட்டத்திலும் உள்ளன.

∴ $\angle BAC = 180$ − இரண்டின் கூட்டுத்தொகை

$= 180 - 15° 25' + 70° 15' = 94° 20'$

மாற்றுவழி : இரண்டையும் முழுவட்ட திசையமாக்கி வேறுபாடு காணல்.

AB யின் முழுவட்ட திசையம் = $15^\circ\ 25'$

AC யின் முழுவட்ட திசையம் = $180^\circ - 70^\circ\ 15' = 109^\circ\ 45'$

$\angle BAC = 109^\circ\ 45' - 15^\circ\ 25' = 94^\circ\ 20'$

(இ) AB தெ $60^\circ\ 30'$ கி AC தெ $40^\circ\ 30'$ மே
AB இரண்டாவது கால்வட்டத்திலும், AC மூன்றாவது கால்வட்டத்திலும் உள்ளன.

$\therefore \angle BAC$ = இரண்டின் கூட்டுத்தொகை

$= 60^\circ\ 30' + 40^\circ\ 30' = 101^\circ\ 0'$

மாற்று வழி :

AB யின் மு.வ.தி. $= 180^\circ - 60^\circ\ 30' = 119^\circ\ 30'$
AC யின் மு.வ.தி. $= 180^\circ + 40^\circ\ 30' = 220^\circ\ 30'$
$\angle BAC = 220^\circ\ 30' - 119^\circ\ 30' = 101^\circ$

(ஈ) AB வ $36^\circ\ 40'$ மே AC வ $48^\circ\ 30'$ கி
AB நான்காவது கால்வட்டத்திலும், AC முதல் கால்வட்டத்திலும் உள்ளன.

$\angle BAC = 36^\circ\ 40' + 48^\circ\ 30' = 85^\circ\ 10'$

மாற்று வழி : AB யின் மு. வ. தி. $= 360^\circ - 36^\circ\ 40' = 323^\circ\ 20'$

AC யின் மு. வ. தி. $= 48^\circ\ 30'$

$\angle CAB = 323^\circ\ 20' - 48^\circ\ 30' = 274^\circ\ 50'$
இது வெளிக்கோணம்

$\therefore$ உட்கோணம் $= \angle BAC = 360^\circ - 274^\circ\ 50'$
$= 85^\circ\ 10'$

(உ) AB வ $40^\circ\ 42'$ கி AC தெ $30^\circ\ 32'$ மே
AB முதல் கால்வட்டத்திலும், AC மூன்றாவது கால்வட்டத்திலும் உள்ளன.

$\therefore \angle BAC = 180 - 40^\circ\ 42' + 30^\circ\ 32' = 169^\circ\ 50'$

மாற்று வழி : AB யின் மு. வ. தி. $= 40^\circ\ 42'$
AC யின் மு. வ. தி. $= 180^\circ + 30^\circ\ 32' = 210^\circ\ 32'$

$\therefore \angle BAC = 210^\circ\ 32' - 40^\circ\ 42' = 169^\circ\ 50'$

(ஊ) *AB* தெ 42° 12′ மே *AC* வ 72° 36′ மே

AB மூன்றுவது கால்வட்டத்திலுதிம், *AC* நான்காவது கால்வட்டத்திலும் உள்ளன.

∴ ∠ *BAC* = 180° — இரண்டின் கூட்டுத்தொகை
= 180° − (40° 42′ + 30° 32′) = 108° 46′

மாற்றுவழி : *AB*யின் மு. வ. தி. = 180° + 40° 42′ = 220° 42′

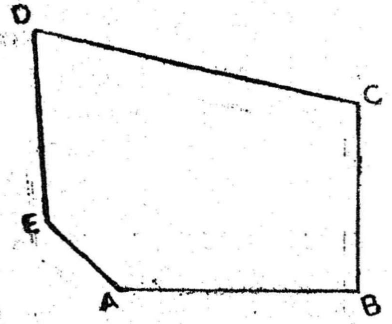
AC யின் மு. வ. தி. = 360° — 30° 32′ = 329° 28′

∴ ∠ *BAC* 329° 28′ − 220 42′ = 108° 46′

கணக்கு 5 : *ABCDE* என்ற நடக்கைப் பலகரத்தின் பக்கங்களின் முன்திசையமும், பின்திசையமும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. அடுத்தடுத்த பக்கங்களின் உள்கோணம் கண்டுபிடிக்க வேண்டும்.

பக்கம்	முன்திசையம்	பின்திசையம்
AB	102° 15′	282° 15′
BC	17° 0′	195° 15′
CD	276° 30′	96° 30′
DE	182° 15′	4° 15′
EA	119° 45′	299° 45′

விடை :



படம் 130

∠*A* : *AE* யின் திசையம் = *EA* யின் பின்திசையம்
= 299° 45′

AB யின் திசையம் = 102° 15′

இடைக்கோணம் = 197° 30′ இது வெளிக்கோணம்

$\therefore$ உட்கோணம் $\angle EAB = 360^\circ - 197^\circ\ 30'$

$= 162^\circ\ 30'$

$\angle B$: BAயின் திசையம் = ABயின் பின்திசையம்

$= 282^\circ\ 15'$

BCயின் திசையம் = $17^\circ\ 0'$

B இடைக்கோணம் = $265^\circ\ 15'$ இது வெளிக்கோணம்

அதாவது $\angle CBA$

$\therefore$ உட்கோணம் $\angle ABC = 360^\circ - 265^\circ\ 15'$

$= 94^\circ\ 45'$

$\angle C$: CBயின் திசையம் = BCயின் பின்திசையம்

$= 195^\circ\ 15'$

CD யின் திசையம் = $276^\circ\ 30'$

$\angle C$ வேறுபாடு = $81^\circ\ 15'$ இது உட்கோணம் அதாவது $\angle BCD$

$\angle D$: DC யின் திசையம் = CD யின் பின்திசையம்

$= 96^\circ\ 30'$

DE யின் திசையம் = $182^\circ\ 15'$

$\angle D$ = வேறுபாடு = $85^\circ\ 45'$ இது உட்கோணம் அதாவது CDE

$\angle E$: ED யின் திசையம் = DE யின் பின்திசையம்

$= 4^\circ\ 15'$

EA யின் திசையம் = $119^\circ\ 45'$

$\angle E$ = வேறுபாடு = $115^\circ\ 30'$ இது உட்கோணம் அதாவது $\angle DEA$

குறிப்பு : இதில் உட்கோணம் என்பவை பலகரத்தின் உள்ளே அமைந்தவை. சில வேளைகளில் இது 180 பாகைக்கு மிகுந்தும் இருக்கலாம். படம் வரைந்து தெளிவு பெறுவது இன்றியமையாதது.

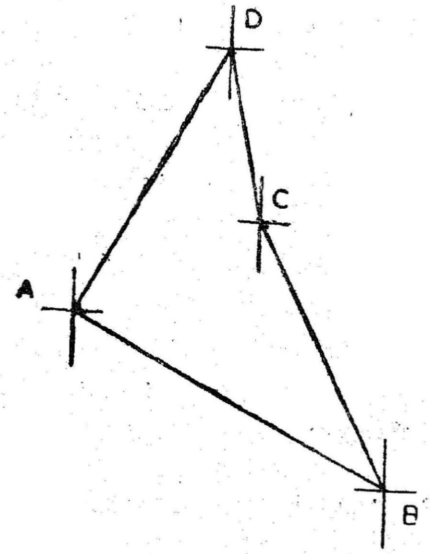
உறுதிப்பாடு: n பக்கங்கள் கொண்ட பலகரத்தின் உட் கோணங்களின் கூட்டுத்தொகை $(2n + 4)$ செங்கோணங்கள் இருக்க வேண்டும்.

இதில் 5 பக்கங்கள் உள்ளதால் $2 \times 5 - 4 = 6$ செங் கோணம் $= 6 \times 90^\circ = 540^\circ$ இருக்கவேண்டும்.

$\angle A + \angle B + \angle C + \angle D + \angle E = 162^\circ\ 30' + 94^\circ\ 45' + 79^\circ\ 30' + 87^\circ\ 45' + 115^\circ\ 30' = 540^\circ$

கணக்கு 6 : ஒரு $ABCD$ என்ற நாற்கரத்தின் பக்கங்களின் முன்திசையங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. அதன் உட்கோணங்களைக் கண்டுரை.

கோடு	முன்திசையம்
AB	தெ 65° கி
BC	வ 40° மே
CD	வ 20° மே
DA	தெ 10° மே



படம் 131

ரவட்ட திசையத்தின் முன்திசையத்திலிருந்து பின் பம் காண, திசை எழுத்துக்களை மட்டும் மாற்றிக் டால் போதும்.

$\angle B$: AB யின் முன்திசையம் = தெ 65° கி
BA யின் திசையம் = வ 65° கி
BC யின் திசையம் = வ 40° மே
இரண்டும் நான்காவது கால்வட்டம்
$\therefore \angle B = \angle ABC = 65^\circ - 40^\circ = 25^\circ$
= உட்கோணம்

$\angle C$: BC யின் முன் திசையம் = வ 40° மே
CB யின் திசையம் = தெ 40° கி
CD யின் முன்திசையம் = வ 20° மே
முன்னது இரண்டாம் கால்வட்டத்திலும், பின்னது நான்காம் கால்வட்டத்திலும் உள்ளன.
$\angle C = \angle BCD = 180^\circ + 40^\circ - 20^\circ = 200^\circ$

குறிப்பு : இது 180° பாகைக்கு மிகுந்திருந்தாலும் இதுவே உட்கோணம் என்பதை படத்திலிருந்து அறியலாம்.

$\angle D$: CD யின் முன்திசையம் = வ 20° மே
DC யின் திசையம் = தெ 20° கி
DA யின் முன்திசையம் = தெ 10° மே
முன்னது இரண்டாம் கால்வட்டத்திலும், பின்னது மூன்றும் கால்வட்டத்திலும் உள்ளன.
$\therefore \angle D = \angle CDA = 20^\circ + 10^\circ = 30^\circ$

$\angle A$: DA யின் முன் திசையம் = தெ 10° கி
AD யின் திசையம் = வ 10° கி
AB யின் முன்திசையம் = தெ 65° கி
$\therefore \angle A = \angle DAB = 180^\circ$ − இரண்டின் கூட்டுத் தொகை
$= 180^\circ - (10^\circ + 65^\circ) = 105^\circ$

உறுதிப்பாடு : $\angle A + \angle B + \angle C + \angle D = 105^\circ + 25^\circ + 200^\circ + 30^\circ$
$= 360^\circ$

கணக்கு 7 : ஓர் அறுகரத்தின் (hexagon) ஒரு கோடு **100°** திசையத்தில் உள்ளது. வலஞ்சுழியாக அமையும், அதன் பிற பக்கங்களில் திசையங்களைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டும்.

ஓர் அறுகரத்தின் உட்கோணம் 120°
திசைமாற்றம் 60°

எனவே முதல் கோட்டின் திசையம் தெரிந்தால் அதிலிருந்து வலம்புரியாக 60° திசை மாற்றிக்கொண்டே போகவேண்டும்.

$AB = 100°$
$BC = 160°$
$CD = 220°$
$DE = 280°$
$EF = 340°$
$FA = 400°$ அல்லது $40°$

உறுதிப்பாடு : கடைசிக் கோட்டுடன் மீண்டும் 60 பாகை கூட்ட முதல்கோட்டின் திசையம் வர வேண்டும்.

$\therefore 40° + 60° = 100°$

கணக்கு 8 : ஓர் ஐங்கரத்தின் ஒரு பக்கத்தின் திசையம் தெ 80° கி வலம்புரியாக அமைந்த அதன் பிற பக்கங்களின் திசையம் கண்டுரை.

ஐங்கரத்தின் உட்கோணம் = 108°

திசை மாற்றம் = 72°

எனவே ஒவ்வொரு கோட்டிற்கும் 72° கூட்டி அடுத்த கோட்டின் திசையம் அறியலாம்.

முதல் கோடு

AB யின் திசையம் = தெ 80° கி

BC யின் திசையம் = 80° − 72 (∴ இரண்டாவது கால்வட்டம்)

= 8° தெ கி அல்லது தெ. 8° இ

CD யின் திசையம் = 72° − 8° (∴ மூன்றுவது கால்வட்டம்)

= 64° தெ மே அல்லது தெ64° மே

DE யின் திசையம் = 180° − (64° + 72°) (∴ நான்காவது கால்வட்டம்)

= 34° வ மே அல்லது வ 34° மே

EA யின் திசையம் = 72° − 34 (∴ முதல் கால் வட்டம்)

= 38° வ கி அல்லது வ 38° கி

உறுதிப்பாடு: ABயின் திசையம் = $180 - (38^\circ + 72^\circ)$
= 80° தெகி அல்லது தெ 80° கி

இடத்தக ஈர்ப்பு (Local Attraction)

காந்த ஊசியின்மீது வெளிக் கவர்ச்சிகள் ஏதாவது விழுந்தால், அது வடக்குத் திசையைக் காட்டாது. காந்தப் பாறைகள், இரும்புக் கனிமங்கள் இருக்குமிடங்களில் அதிகமான ஈர்ப்பு இருக்கும். இரும்புக் கட்டுக்கோப்புகள், தண்டவாளங்கள், மின் கம்பிகள், இரும்பு விளக்குக் கம்பங்கள், இரும்புக் குழாய்கள் போன்றவை அருகிலிருந்தாலும் சிறிதளவு ஈர்ப்பு இருக்கும். அளக்கை செய்வோர், சாவிக்கொத்து, பேனுக்கத்தி, இரும்புப் பொத்தான்கள், இரும்பு வளையமிட்ட மூக்குக் கண்ணாடி போன்ற பொருள்களை வைத்துக்கொள்ளக் கூடாது. சங்கிலி, அம்புகள், வெட்டரிவாள் முதலியவற்றையும் அருகில் வைத்துக்கொள்ளக் கூடாது. இத்தகைய இடர்தரும் ஆற்றலுக்கு இடத்தக ஈர்ப்பு என்று பெயர். இவ்வீர்ப்பால் காந்த ஊசி நகரும் தூரத்தையும் இதே சொல்லால் குறிப்பிடுவது வழக்கம்.

இது, நாட்டுப் புறங்களைவிட நகரங்களில் அதிகம். இந்த இடத்தக ஈர்ப்பை அறிந்து திருத்தும் வாய்ப்பில்லாத இடங்களில் காந்த வட்டையால் கிடைக்கும் திசையங்களை நம்ப முடியாது. ஈர்ப்பு உள்ளதை அறிய, ஒரு கோட்டின் இரு முனைகளிலும் திசையம் எடுக்கவேண்டும். கருவிப் பிழையோ பார்ப்பதில் பிழையோ இல்லாத வேளைகளில் இவ்விரு திசையங்களுக்குமுள்ள வேறுபாடு சரியாக 180 பாகை இருக்கும். வேறுபாடு 180பாகைக்கு மிக அருகில் இருந்தால், பிழைக்கு போதிய திருத்தம் சேர்த்துக் கொள்ளலாம். எடுத்துக்காட்டாக ஒரு கோட்டின் பார்த்த முன் பின் திசையங்கள் முறையே $105^\circ\ 16'$, $258^\circ\ 8'$ என்று இருந்தால் பின் திசையத்திலிருந்து கணக்கிடப்பட்ட முன்திசையம் $105^\circ\ 8'$ ஆகும். பார்த்த திசையத்திற்கும், கணக்கிட்ட திசையத்திற்கும் சராசரி $105^\circ\ 12'$ ஆகும். இதுவே திருத்தப்பட்ட திசையம் (corrected bearing).

ஒரு கோட்டின் பின் திசையம், அதன் முன் திசையத்தோடு அனுமதிக்கத் தக்க பிழை வரம்புக்குள் பொருந்தி வரவில்லை யானல், (அ) முன் திசையத்தையோ, பின் திசையத்தையோ பார்த்ததில் பிழை இருக்கலாம், அல்லது (ஆ) நிலையத்தில் இடத்தக ஈர்ப்பு இருப்பதை உணரலாம். பார்த்த அளவுகளை மீண்டும் ஒரு தடவை பார்த்து பார்வைப் பிழை இல்லையென உறுதி செய்து கொண்டால், பிழையின் ஏது, இடத்தக ஈர்ப்பே என்று உறுதி செய்துகொள்ளலாம். ஒரு நிலையத்தில் உள்ள ஈர்ப்பு எல்லா

இடங்களுக்கும் சமமாக இருக்கும். அதனால் திசைத்தில் பிழை காணப்பட்டாலும் அவற்றிலிருந்து பெறப்படும் இடைக்கோணம் சரியானதாகவே இருக்கும். ஆனால் அவை ஒரே நேரத்தில் ஒரே கருவியால் எடுத்தவையாக இருக்கவேண்டும்.

எல்லாக் கோடுகளின் முன், பின் திசையங்களில் பிழை இருந்தால் அவற்றில் மிகக் குறைந்த அளவு பிழை உள்ள கோட்டிற்கு முதலில் திருத்தம் சேர்த்துக் கொண்டு பின் பிற கோடுகளின் திசையங்களைச் சரி செய்ய வேண்டும்.

பார்த்த திசையங்களில் உள்ள இடத்தக ஈர்ப்புப் பிழையை திருத்துவதற்கு இரண்டு முறைகள் உண்டு.

1. முதல் முறை : தொடர்ச்சியாகப் பலகோடுகளுக்குத் திசையங்கள் எடுத்துள்ளதாக வைத்துக் கொள்வோம். பிழை உள்ள நிலையங்களில், பார்த்த திசையங்களிலிருந்து இடைக் கோணங்களைக் கணக்கிட்டுக்கொள்ள வேண்டும். பிழை இல்லாத ஒரு கோட்டிலிருந்து தொடங்கி, இடைக் கோணங்களைப் பயன் படுத்தி தொடர்ச்சியாக எல்லாக் கோடுகளின் திசையங்களையும் அறியலாம்.

2. இரண்டாம் முறை : ஒரு நிலையத்தின் இடத்தக ஈர்ப்பால் ஏற்படும் பிழையை அறிந்து கொண்டு அந்த நிலையத்தில் எடுத்த எல்லா அளவுகளுக்கும் அதற்கான திருத்தத்தைச் சேர்த்துக் கொள்வதன் மூலம் ஈர்ப்புப் பிழையைத் தவிர்க்கலாம்.

குறிப்பு : இடத்தக ஈர்ப்பு பற்றிய கணக்குகளில் பின்கண்ட குறிப்பு பயன்படும்.

1. மூடிய நடக்கையில் முதலில் இடைக்கோணங்களைக் கண்டுபிடித்துக் கூட்டிப் பார்க்கவேண்டும். உட்கோணங்களில் கூட்டுத் தொகையில் பிழை இருந்தால் அதை சமமாகப் பகிர்ந்து, எல்லா உட்கோணங்களுக்கும் அளித்துவிட வேண்டும். பல கரத்தில் n பக்கங்கள் இருந்தால் உட்கோணங்களின் கூட்டுத் $(2n-4)$ 90 பாகை இருக்கும்.

2. கோடுகளின் முன் திசையத்தையும், பின் திசையத்தையும் ஆராயும்போது, இரண்டிற்குமுள்ள வேறுபாடு 180 பாகையாக உள்ள கோட்டை பிழையில்லாக் கோடாக எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். எல்லாக் கோட்டிலும் பிழையிருந்தால், மிகக் குறைந்த பிழையுள்ள கோட்டை சரியானதாக எடுத்துக் கொண்டு, அக்

கோட்டின் பிழையை இரண்டாகப் பகிர்ந்துகொண்டு, அவற்றை முன், பின் திசையங்களுக்குச் சமமாக அளித்துவிட வேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டுகள் :

கணக்கு 1 :

ABCDE என்ற நடக்கையில் கோடுகளின் பார்த்த முன், பின் திசையங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இடத்தக ஈர்ப்பு உள்ள நிலையங்களைக் கண்டு கோடுகளின் சரியான திசையங்களைக் காண்க.

AB	39°	*BA*	219°
BC	84°	*CB*	267°
CD	122°	*DC*	294°
DF	129°	*ED*	314°

(சென்னைப் பல்கலைக் கழகம், 1969 மா)

விடை

இக்கோடுகளின் முன் பின் திசையங்களை ஆராய்ந்தால், *AB*, *BA* ஆகியவற்றின் திசையங்களில் மட்டும் வேறுபாடு சரியாக 180 பாகை உள்ளது. எனவே *A*,*B* நிலையங்களில் இடத்தக ஈர்ப்பு இல்லை.

மீதி இடங்களில் ஈர்ப்பு இருந்தபோதிலும், இடைக் கோணத்தில் பிழை இருக்காது. அதனால் முதலில் இடைக் கோணங்களைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டும்.

$$\angle B = BA - BC = 219° - 84° = 135°$$

$$\angle C = CB - CD = 267° - 122° = 145°$$

$$\angle D = DC - DE = 294° - 129° = 165°$$

B நிலையம்

A,*B* நிலையங்களில் இடத்தக ஈர்ப்பு இல்லாததால் அந்த இரண்டு நிலையங்களில் எடுத்த அளவுகளைச் சரியானதாக எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

$\angle B = 135°$

$\therefore$ *BC* யின் திசையம் $= 219° - 135° = 84°$

CB யின் கணக்கிட்ட

திசையம் $= 84° + 180° = 264°$

C நிலையம்

CB யின் பார்த்த திசையம் $= 267°$

$\therefore$ *C* நிலையத்தில் இடத்தக ஈர்ப்பு $= 267° - 264° = 3°$

இந்த நிலையத்தில் எடுக்கப்படும் எல்லா அளவுகளுக்கும் $-3°$ சேர்த்துக் கொள்வது முதல்வழி.

அதன்படி *CD* யின் பார்த்த திசையம் $= 122°$

$\therefore$ *CD* யின் திருத்திய திசையம் $112° - 3° = 119°$

*CB*யின் திருத்திய திசையத்திற்கு இடைக்கோணத்தைச் சேர்த்து *CD*யின் திசையம் அறிவது இரண்டாம் வழி.

$\angle C = 145°$

CB யின் திருத்திய திசையம் $= 264°$

CD யின் கணக்கிட்ட திசையம் $= 264° - 145° = 119°$

D நிலையம் :

DC யின் திருத்திய திசையம் $= 119° + 180° = 299°$

DC யின் பார்த்த திசையம் $= 294°$

D நிலையத்தில் இடத்தக ஈர்ப்பு $= 299° - 294° = 5°$

திருத்தம் $= +5°$

D நிலையத்தில் எடுக்கும் எல்லா அளவுகளுக்கும் இந்தத் திருத்தம் சேர்க்க வேண்டும்.

DE யின் பார்த்த திசையம் $= 129°$
DE யின் திருத்திய திசையம் $= 129° + 5° = 134°$

மாற்றுவழி : *DC* யின் திருத்திய திசையம் $= 299°$
$\angle D = 165°$
DE யின் திசையம் $= 299° - 165° = 134°$

E நிலையம் :

*DE*யின் திருத்திய திசையம் $= 134°$

ED யின் கணக்கிட்ட திசையம் $= 134° + 180° = 314°$

ED யின் பார்த்த திசையம் $= 314°$

$\therefore$ *E* நிலையத்தில் பிழை இல்லை.

கணக்கு 2 : ஒரு காந்த வட்டை அளக்கையில் ஒரு பலகரத்தின் பக்கங்களின் திசையங்கள் வருமாறு. அங்கு இடத்தக ஈர்ப்பு உள்ளதாக ஐயப்பாடு உள்ளது. வேண்டிய திருத்தங்கள் செய்து பலகரத்தைச் சீராக்குக.

கோடு	முன்திசையம்	பின்திசையம்
AB	180° 15′	359° 10′
BC	109° 45′	289° 45′
CD	338° 5′	158° 0′
DE	328° 35′	149° 40′
EA	285° 0′	104° 0′

(அ) முதலில் கோடுகளின் இடைக்கோணம் கண்டுபிடித்துக் கொள்ளவேண்டும். ஒரு கோட்டின் முன்திசையத்திலிருந்து முந்திய கோட்டின் பின் திசையத்தைக் கழித்தால் இரண்டும் சந்திக்கும் இடத்தின் இடைக்கோணம் கிடைக்கும்.

$\angle A$ = ABயின் மு. தி. − EA யின் பி. தி.

$= 180^\circ 15' - 104^\circ 0' = 76^\circ 15' \qquad = 76^\circ 15'$

$\angle B$ = BCயின் மு. தி. − AB யின் பி. தி.

$= 109^\circ 45' - (360^\circ - 359^\circ 15)$

$= 109^\circ 45' + 0' 45' = 110^\circ 30' \qquad = 110^\circ 30'$

$\angle C$ = CD யின் மு. தி. − BC யின் பின் திசையம்

$= 338^\circ 5' - 289^\circ 45' = 48^\circ 20' \qquad = 48^\circ 20'$

$\angle D$ = DE யின் முன்திசையம் − CD யின் பின் திசையம்

$= 328^\circ 35' - 158^\circ 0' = 170^\circ 35' \qquad = 170^\circ 35'$

$\angle E$ = EA யின் முன்திசையம் − DE யின் பின் திசையம்

$= 285^\circ 0' - 149^\circ 40' = \angle 135^\circ 20' \qquad = 135^\circ 20$

இடைக்கோணங்களின் கூட்டுத்தொகை $= 541^\circ 00$

(ஆ) ஐங்கரத்தின் உட்கோணங்களின் கூட்டுத்தொகை
$= (2 \times 5 - 4)\, 90^\circ = 540^\circ$ இருக்க வேண்டும்.
அசல் கூட்டுத்தொகை $= 541^\circ$
பிழை $= 541^\circ - 540^\circ = 1^\circ$

இப்பிழையை ஐந்து உட்கோணங்களுக்கும் சமமாகப் பிரித்து அளித்துவிடவேண்டும்.

$$\text{திருத்தம்} = (-)\ \frac{1^\circ}{5} = (-)\frac{60'}{5} = (-)\ 12'$$

திருந்திய உட்கோணங்கள் வருமாறு :

$\angle A = 76^\circ\ 15' - 12' = 76^\circ\ 3'$

$\angle B = 110^\circ 30' - 12' = 110^\circ\ 18'$

$\angle C = 48^\circ\ 20' - 12' = 48^\circ\ 8'$

$\angle D = 170^\circ\ 35' - 12' = 170^\circ\ 23'$

$\angle E = 135^\circ\ 20' - 12' = 135^\circ\ 8'$

(இ) ஐந்து கோடுகளில் *BC* கோட்டின் முன்திசையத்திற்கும், பின்திசையத்திற்கும் உள்ள வேறுபாடு மட்டும் 180° எனவே அக்கோடு இடத்தக ஈர்ப்பால் பாதிக்கப்படவில்லை.

எனவே *BC* கோட்டின் பின் திசையத்திலிருந்து, இடைக்கோணங்களைக் கூட்டிக்கொண்டு சென்று திருந்திய திசையங்கள் காணலாம்.

BC யின் பின்திசையம்	=	$289^\circ\ 45'$
இடைக்கோணம் *C*	=	$48^\circ\ 8'$
CD யின் முன்திசையம்	=	$337^\circ\ 53'$
		$180^\circ\ 0'$
CD யின் பின்திசையம்		$157^\circ\ 53'$
$\angle D$	=	$170^\circ\ 23'$
DE யின் முன்திசையம்	=	$328^\circ\ 16'$
		$180^\circ\ 0$
DE யின் பின்திசையம்	=	$148^\circ\ 16'$
$\angle E$	=	$135^\circ\ 8'$
EA யின் முன்திசையம்	=	$283^\circ\ 24'$
		$180^\circ\ 0$

EA யின் பின்திசையம்	=	103° 24′
∠*A*	=	76° 3′
AB யின் பின்திசையம்	=	179° 27′
		180° 0
AB யின் முன்திசையம்	=	359° 27′
∠*B*	=	110° 18′
BC யின் பின் திசையம்	=	469° 45′
அல்லது	=	109° 45′

கணக்கு 3 : ஒரு காந்த வட்டை நடக்கைக் கோடுகளின் திசையங்கள் தரப்பட்டுள்ளன. இடத்தக ஈர்ப்பு உள்ள நிலையங்களைக் கண்டுபிடித்துப் போதிய திருத்தம் சேர்த்து சரியான திசையங்கள் காண்க.

கோடு	முன்திசையம்	பின்திசையம்
AB	44° 30′	226° 30′
BC	124° 30′	303° 15′
CD	181° 0′	1° 0′
DA	289° 30′	108° 45′

கோடுகளை ஆராய்ந்தால், *CD* கோட்டின் முன்திசையமும், பின்திசையமும் சரியாக 180 பாகையில் ஒத்துப்போகின்றன. எனவே *C*,*D* ஆகிய இரண்டு நிலையங்களிலும் பிழை இல்லை. *DA* கோட்டின் முன்திசையம் *D* நிலையத்தில் எடுத்தது; அதனால் அதிலும் பிழை இல்லை.

DA யின் முன்திசையம் 289° 30′ இத்துடன் 180 பாகையைக் கழித்தால், பின்திசையம் கிடைக்கும்.

DA யின் கணக்கிட்ட பின்திசையம்	=	289° 30′ − 180°
	=	109° 30′
DA யின் பார்த்த பின்திசையம்	=	108° 45′
திருத்தம்	=	+ 0° 45′

A நிலையத்தில் எடுத்த எல்லா அளவுகளுக்கும் 0° 45′ கூட்டிக் கொள்ள வேண்டும்.

AB யின் பார்த்த திசையம் $= 44^\circ\ 30'$

$\therefore$ AB யின் திருத்திய திசையம் $= 44^\circ\ 30' + 0^\circ\ 45'$

$= 45^\circ\ 15'$

AB யின் கணக்கிட்ட பின்திசையம் $= 45^\circ\ 15' + 180^\circ = 225^\circ\ 15'$

AB யின் பார்த்த பின்திசையம் $= 226^\circ\ 30'$

$\therefore$ திருத்தம் $= -1^\circ\ 15'$

B நிலையத்தில் எடுத்த அளவுகளுக்கெல்லாம் $-1^\circ\ 15'$ சேர்த்துக்கொள்ள வேண்டும்.

$\therefore$ BC யின் திருத்திய முன்திசையம் $= 124^\circ\ 30' - 1^\circ\ 15'$

$= 123^\circ\ 15'$

$\therefore$ BC யின் பின்திசையம் $= 123^\circ\ 15' + 180^\circ$

$= 303^\circ\ 15'$

விடை

கோடு	திருத்தம்	முன்திசையம்	பின்திசையம்
AB	A யில் $+ 45'$	$45^\circ\ 15'$	$225^\circ\ 15'$
BC	B யில் $-1^\circ\ 15'$	$123^\circ\ 15'$	$303^\circ\ 15'$
CD	C யில் இல்லை	$181^\circ\ 0'$	$1^\circ\ 0'$
DA	D யில் இல்லை	$289^\circ\ 30'$	$109^\circ\ 30'$

கணக்கு 4 : இடத்தக ஈர்ப்பு உள்ள இடத்தில் எடுக்கப்பட்ட காந்தவட்டை நடக்கைக் கோடுகளின் திசையங்கள் வருமாறு போதிய திருத்தம் சேர்த்துச் சரியான திசையங்கள் காண்க.

கோடு	முன்திசையம்	பின்திசையம்
AB	$S\ 45^\circ\ 30'\ E$	$N\ 45^\circ\ 30'\ W$
BC	$S\ 60^\circ\ 0'\ E$	$N\ 60^\circ\ 40'\ W$
CD	$S\ 5^\circ\ 30'\ E$	$N\ 3^\circ\ 20'\ W$
DA	$N\ 83^\circ\ 30'\ W$	$S\ 85^\circ\ 0'\ E$

குறிப்பு .

திசையங்கள் கால்வட்ட முறையில் இருந்தால் திருந்திய திசையம் காண்பதற்கான வாய்பாடு :

"கூட்டல் திருத்தங்கள் வலஞ்சுழியாகவும் கழித்தல் திருத்தங்கள் இடஞ்சுழியாகவும் சேர்க்கப்படவேண்டும்"

கால்வட்ட முறையில் முதல், மூன்றும் கால்வட்டங்கள் வலஞ்சுழியாக வளருவதையும் இரண்டு, நான்காம் கால் வட்டங்கள் இடஞ்சுழியாக வளருவதையும் நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

AB கோட்டின் முன் பின் திசையங்களின் எண்ணிக்கை மாற வில்லை. அதனுல் *A,B* நிலையங்களில் ஈர்ப்பு இல்லை.

BC யின் முன்திசையத்தில் பிழை இல்லை.

CB யின் கணக்கிட்ட திசையம் வ 60° 0′ மே

CB யின் பார்த்த திசையம் வ 60° 40′ மே

C நிலையத்திற்கான திருத்தம் 40′ மே = (+) 40′

∴ *CD* யின் திருந்திய திசையம் 5° 30′ − 40′
= தெ 4° 50′ கி

இரண்டாவது கால்வட்டத்தில் கோணம் இடஞ்சுழியாக வளருவதால், கூட்டல் திருத்தம் கழிக்கப்படுகிறது.

DC யின் திருத்திய திசையம் = வ 4° 50′ மே
DC யின் பார்த்த திசையம் = வ 3° 20′ மே
D நிலையத்திற்கான திருத்தம் = 1° 30′ கி
= − 1° 30′
∴ *DA* யின் திருத்திய திசையம் = 83° 30′ + 1° 30′
= 85° 0′ = வ 85° மே.

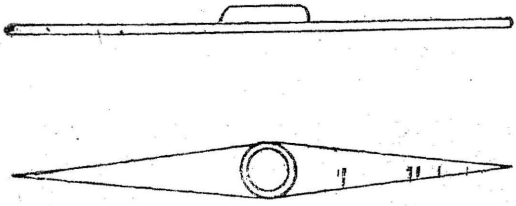
[*DA* நான்காவது கால்வட்டம்; அதனுல் இடஞ்சுழியாக வளருகிறது. கழித்தல் திருத் தம் இடஞ்சுழியாக சேர்க்கப் படவேண்டும். அதனுல் கூடிக்கொள்கிறது.]

விடை

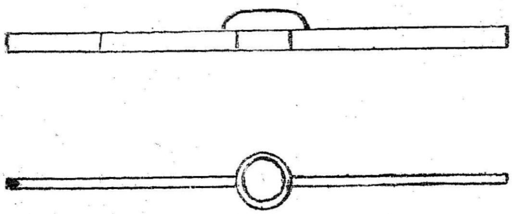
கோடு	திருத்தம்	முன்திசையம்	பின்திசையம்
AB	*B*யில் இல்லை	தெ 45° 30′ கி	வ 45° 30′ மே
BC	*C*யில் + 40′	தெ 60° 0′ கி	வ 60° 0′ மே
CD	*D*யில் − 1° 30′	தெ 4° 50′ கி	வ 4° 50′ மே
DA	*A*யில் இல்லை	வ 85° 0′ மே	தெ 85° 0′ கி

காந்தஊசி: காந்த வட்டையில் மிகவும் முதன்மையான உறுப்பு காந்த ஊசியாகும். அது பல வகைளில் உள்ளது; அதிக மாகப்புழக்கத்தில் உள்ளவை (அ) பட்டை ஊசி, (ஆ) கூர் ஊசி போன்றவை. முன்னது பட்டகக் காந்த வட்டையிலும், பின்னது அளக்கையாளர் காந்த வட்டையிலும் பயன்படுகின்றன.

காந்த ஊசிகள் ஒரு கூர்முனையினால் தாங்கப்படுகின்றன. கூர்முனை, உண்மையாகவே மிகவும் கூராக இருந்தால்தான் ஊசி ஆடி, காந்த மேவரை மீது சரியாக வந்து நிற்கும். காந்த ஊசியின் நடுவில் குழைவான பள்ளம் இருக்கும். அதில் அகேட், ரூபி, சபையர் (agate, ruby, saphire) கற்கள், பித்தளை அல்லது அலுமினியப் பூண்கொண்டு பொருத்தப்பட்டிருக்கும். ஊசிக்கு வேலை இல்லாத வேளைகளில். கூர்முனை தேயாமல் இருப்பதற்காக ஊசியை உயர்த்தி நிறுத்துவதற்கான ஏற்பாடுகள் உள்ளன.



(a)



(b)

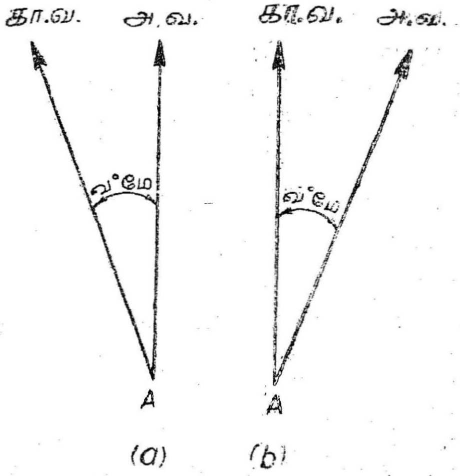
படம் 132

ஊசியின் சாய்வு (Dip)

ஊசிக்குக் காந்தம் ஏற்றுமுன் இருபக்கமும் சம; எடையோடு, மட்டமாக இருக்குமாறு சமப்படுத்தி அமைக்கப்படுகிறது. ஆனால் காந்தம் ஏறிய பின்னர் சமமாக நிற்காது. புவியின் காந்த ஈர்ப்பால் ஏதாவது ஒரு முனை சற்றே கீழ் நோக்கி சாய்ந்திருக்கும். புவியின் வடபகுதியில் வடக்கு முனையும், தெற்குப் பகுதியில் தென்முனையும் கீழ்நோக்கி சாய்ந்திருக்கும். இதை ஊசியின் சாய்வு என்கிறோம். இச்சாய்வு நடுவரையில் 0 பாகையாகவும், வட தென் புவி முனைகளில் 90 பாகையாகவும் இருக்கும். இந்தச் சாய்வை ஈடுகட்ட ஊசியில் ஒரு கம்பிச்சுருள் மாட்டப்பட்டிருக்கும். இந்தக் கம்பிச்சுருளை முன்னும் பின்னும் நகர்த்தி ஊசியை மட்டப்படுத்தலாம். பித்தளை 'அல்லது வெள்ளிக் கம்பியால் இந்த நகரும் எடைக்கான சுருள்களை அமைக்கலாம்.

காந்தத் தாழம் (Magnetic Declination)

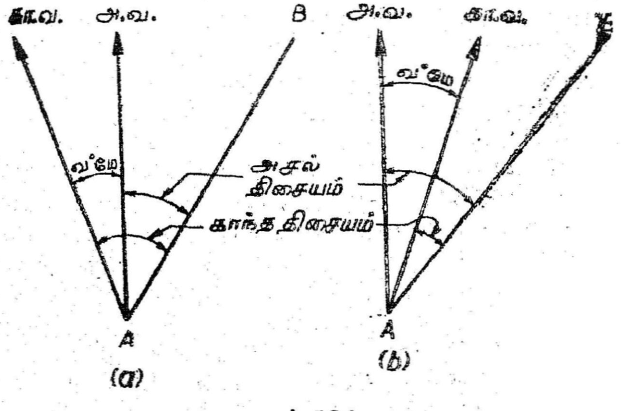
புவிப் பரப்பில் ஒரு சில இடங்களைத் தவிரப் பிற இடங்களில் காந்த மேவரையும், அசல் மேவரையும் ஒன்ருக இருப்பதில்லை.



அ.வ. : அசல் வடக்கு
கா.வ. : காந்த வடக்கு

படம் 133

அசல் மேவரைக்கும், காந்த மேவரைக்கும் இடைப்பட்ட கிடைக் கோணத்தை காந்தத்தாழம் என்றும் காந்த ஊசித் தாழம் என்றும் அழைக்கிருேம். ஊசியின் வடபக்கம் அசல் மேவரைக்குக் கிழக்கே



படம் 134

இருந்தால் கிழக்குத் தாழம் (n° கி) என்றும், மேற்கே இருந்தால் மேற்குத் தாழம் (n° மே) என்றும் சொல்கிறோம்.

காந்த மேவரை இடத்துக்கு இடம், மாறும் தன்மையுடைய தாகையால், சில இடங்களில் ஊசி அசல் மேவரைக்குக் கிழக் காகவும், வேறு சில இடங்களில் மேற்காகவும் நோக்கும் இந்தத் தாழ அளவும் இடத்திற்கு இடம் வேறுபடும். ஒரு கோட்டின் அசல் திசையம், விண்மீன்களின் நிலைகளைப் பார்த்துக் கண்டு பிடிக்கப்பட்டால், அக்கோட்டின் காந்தத் திசையத்தை காந்த வட்டையால் கண்டு இரண்டின் வேறுபாடான காந்தத் தாழத்தை எளிதில் அறியலாம். அவ்வப்போது வெளியிடப்படும் சமதாழ அட்டவணை (Isogonic Chart) மூலமாக ஒரு இடத்தின் தாழத் தினைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

சமதாழ அட்டவணை (Isogonic Chart): ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில், காந்தத் தாழங்கள் ஒரே அளவாக உள்ள புள்ளிகளை இணைக்கும் கோடு சமதாழக் கோடு ஆகும். காந்த ஊசி, அசல் வடக்கைநோக்கும் இடங்களில், அதாவது காந்தத்தாழம் சுழியாக இருக்கும் இடங்களின் வழியாகச் செல்லும் கோடு சுழிதாழக் கோடு (agonic line) ஆகும். இந்த நிலப்படத்தில் இவ்விரு வகைக் கோடுகளையும் வரைந்துள்ள அட்டவணை சமதாழ அட்டவணை எனப்படும். இந்திய அளக்கைக் கழகம் அவ்வப் போது இந்த அட்டவணையை வெளியிடும். இந்த அட்டவணையில் ஆண்டுக்காண்டு ஏற்படும் தாழ மாறுபாடுகளும் கொடுக்கப் பட்டிருக்கும்.

காந்தத் தாழ மாறுபாடுகள்: காந்த வடக்கு ஓர் இடத்தில் எப்போதும் ஒரே திசை நோக்கி இருக்காமல் மாறிக்கொண்டே இருக்கும். அதனால் தாழமும் மாறிக்கொண்டே இருக்கும். இந்த மாறுபாடு பலவகைப்படும். அவை (அ) நெடுங்கால மாறுபாடு, (ஆ) ஆண்டு மாறுபாடு, (இ) நாள் மாறுபாடு, (ஈ) ஒழுங்கற்ற மாறுபாடு ஆகும்.

நெடுங்கால மாறுபாடு: காந்த மேவரை ஊஞ்சல் போல கிழக்கு மேற்காக மாறிக்கொண்டே இருக்கும். ஒரு திசையில் நெடு நாட்களுக்கு (சுமார் 100 முதல் 150 ஆண்டுகளுக்கு) செல்லும். பின் நடுவில் வரும். பின்னர் மறுபக்கம் சென்று திரும்பும். இதையே நெடுங்கால மாறுபாடு என்கிறோம்.

ஆண்டு மாறுபாடு: ஓர் ஆண்டு முழுவதும் காந்த மேவரையைப் பார்த்துக் கொண்டே வந்தால், அந்த ஆண்டில் காந்த ஊசி ஒன்று முதல் இரண்டு பாகை வரை திசைமாறிக் காட்டும்.

நாள் மாறுபாடு: ஒரே நாளில் கூட ஊசி காட்டும் திசையில் சற்றே திசை மாற்றம் இருக்கும். அது மூன்று முதல் பன்னிரண்டு நிமிடங்கள் வரை இருக்கலாம். அது 1. நாளின் சிறுபொழுது, 2. அமைவிடம் (நடுவரைக் கருகில் உள்ள இடங்களில் மாறுபாடு குறைவாக இருக்கும்) 3. ஆண்டின் பருவ காலம் (ஒரே இடத்தில் கோடையில் அதிகமாகவும், குளிர் காலத்தில் குறைவாகவும் இருக்கும்) இவைகளைப் பொருத்து மாறிக் கொண்டே இருக்கும்.

ஒழுங்கற்ற மாறுபாடு: தாழ மாறுபாடு சாதாரணமாக ஒரு ஒழுங்கான முறையிலேயே இருக்கும். ஆனால் அவ்வப்போது வரும் காந்தப் புயல்களினால் இந்த மாறுபாடு ஒழுங்கற்றும் இருக்கும். காந்தப் புயல் நிலையற்ற தன்மையுடையதாதலால் முன்னரே எதிர்பார்க்க இயலாது. புவி முனைப் பேரொளி (அரோரா பொரியாலிஸ்) நிலநடுக்கம், எரிமலை வெடித்தல் போன்ற காலங்களில் காந்தப் புயல் வீசலாம் கந்தப் புயல்களில் ஏற்படும் திசை மாற்றம் ஒன்று முதல் இரண்டு பாகை வரை இருக்கும்.

காந்த மேவரை இவ்வாறு, நிலையற்று அடிக்கடி மாறிக் கொண்டே இருப்பதால், காந்த வட்டையை ஒரு துல்லியமான அளக்கைக் கருவியாகக் கருத இயலாது. இந்த மாறுபாடுகளில் நெடுங்கால மாறுபாடு முதன்மையானது. மற்றவை சிறிய அளவே இருக்குமாதலால் அவை தள்ளத் தக்கன. சில பழைய கால அளக்கைகளில் காந்த வட்டையை வைத்தே வடக்குத் திசையை அறிந்திருப்பார்களாதலால், அவற்றை திரும்ப அளக்கும் போது, முன்னர் அளக்கப் பட்டகாலத்தின் காந்தத் தாழமும், தற்போதைய காந்தத் தாழமும் தெரிந்ததாக வேண்டும். நெங்காலத் தாழ வேறு பாட்டின் காரணமாக, காந்த வட்டையால் அளக்கை செய்த தேதி காந்தத் தாழம், அந்தத் தேதியில் ஆண்டு மாறுபாடு ஆகியவற்றை வரைபடத்தில் குறிக்க வேண்டும்.

அசல் திசையங்கள் அறிதல்: வருவாய்த் துறையின் அளக்கை வரைபடங்கள் அசல் திசையங்கள் கொண்டு வரையப்படுகின்றன. காந்தவட்டையால் அளக்கை செய்யும்போது கிடைப்பவை காந்த திசையங்கள். அந்த இடத்தின் அப்போதைய காந்த தாழமும் தெரிந்தால் அசல் திசையம் கண்டுபிடிக்க முடியும்.

சட்டம் 1. அசல் திசையம் = காந்த திசையம் ± தாழம் தாழம் கிழக்காயின் + குறியையும், மேற்காயின் – குறியையும் பயன்படுத்தவேண்டும்.

ஒரு பழைய அளக்கைக் கோட்டை காந்த வட்டையால் நிலத்தில் மாற்ற வேண்டுமானால், காந்தத்தாழம் தெரிய

வேண்டும். அதிலிருந்து அக்கோட்டின் காந்தத் திசையத்தை பின்கண்டவாறு அறியலாம்.

சட்டம் 2 : ஒரு கோட்டின் காந்த திசையம் = அசல் திசையம் $\pm$ காந்தத் தாழம். தாழம் கிழக்காயின் கழித்தல் குறியையும், மேற்காயின் கூட்டல் குறியையும் பயன்படுத்துக.

குறிப்பு : இந்த சட்டங்களை முழுவட்ட திசையங்களுக்கு மட்டுமே பயன்படுத்தலாம். எனவே குறைத்த திசையம், கால்வட்ட திசையம் போன்றவற்றை முதலில் முழுவட்ட திசையமாக மாற்றிக்கொள்க.

எடுத்துக்காட்டுகள்

கணக்கு 1 : AB என்ற கோட்டின் காந்த திசையம் $124^\circ 20'$ அந்த இடத்தில் அப்போதைய காந்தத்தாழம் $8^\circ 10'$ மே. AB கோட்டின் அசல் திசையம் காண்க.

காந்தத்தாழம் மேற்காதலால், காந்த மேவரை அசல் மேவரைக்கு மேற்கே இருக்கும். காந்த திசையத்திலிருந்து காந்தத் தாழத்தைக் கழித்தால் அசல் திசையம் கிடைக்கும்.

ABயின் அசல்திசையம் $= 124^\circ 20' - 8^\circ 10' = 116^\circ 10'$

கணக்கு 2 : AB என்ற கோட்டின் காந்த திசையம் தெ $26'$கி காந்தத்தாழம் $3^\circ 22'$ கி. அந்தக் கோட்டின் அசல் திசையம் காண்க.

கால்வட்ட திசையத்தை முழுவட்ட திசையமாக்கிக்கொள்ள வேண்டும். தாழம் கிழக்கானதால் காந்தத் திசையத்துடன் கூட்டிக்கொள்ள வேண்டும்.

கால்வட்ட திசையம் = தெ 26° கி

முழுவட்ட திசையம் $= 180^\circ - 26^\circ = 154^\circ$

அசல் திசையம் $= 154^\circ + 3^\circ 22' = 157^\circ 22'$

கணக்கு 3 : ஒரு கோட்டின் அசல் திசையம் $300^\circ 30'$ காந்தத்தாழம் $10^\circ 10'$ மே. அக்கோட்டின் காந்ததிசையம் காண்க.

காந்தத் திசையம் = அசல் திசையம் + காந்தத் தாழம்

$= 300^\circ 30' + 10^\circ 10'$

கணக்கு 4 : காந்தத்தாழம் $3^\circ 38'$ கிழக்காக இருந்தபோது எடுக்கப்பட்ட அளக்கைகயை வைத்து வரைந்த நிலப்படத்தில் *AB* என்ற கோட்டின் காந்தத் திசையம் வ $65^\circ 12'$ *E*. அந்த இடத்தின் காந்தத் தாழம் $2^\circ 26'$ மேற்கு, *AB* கோட்டின் அசல் திசையத்தையும், இப்போதைய காந்த திசையத்தையும் காண்க.

பழைய காந்த திசையம் = வ.$65^\circ 12'$ கி (கால்வட்ட திசையம்)

$= 65^\circ 12'$ (முழுவட்ட திசையம்)

பழைய காந்தத் தாழம் = $3^\circ 38'$ கி

∴ *AB* யின் அசல் திசையம் $= 65^\circ 12' - 3^\circ 38'$

$= 68^\circ 50'$

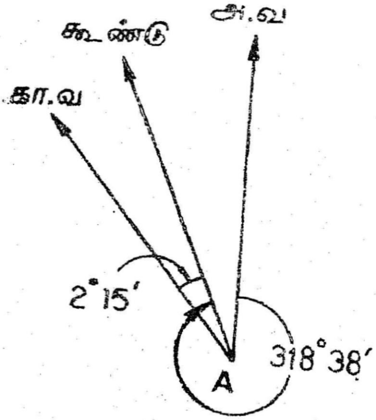
இப்போதைய காந்தத் தாழம் = $2^\circ 26'$ மே.

∴ *AB* யின் இப்போதைய காந்த திசையம்

$= 68^\circ 50' + 2^\circ 26'$

$= 71^\circ 16'$

கணக்கு 5 : பேருந்து நிலைய கடிகைக் கூண்டின் அசல் திசையம் *A* என்ற நிலையத்திலிருந்து $348^\circ 38'$ அதன் காந்தத் திசையம் $2^\circ 15'$ அதே கருவியால் *B* நிலையத்தைப் பார்த்த போது திசையம் $148^\circ 26'$. *AB* கோட்டின் அசல் திசையம் காண்க.



படம் 13 5

கடிகைக் கூண்டின் அசல் திசையம் = $348^\circ 38'$

காந்தத் திசையம் = $2^\circ 15'$

அந்த இடத்தின் காந்தத் தாழம் = $2^\circ 15' + (360 - 348^\circ 38')$

$= 2^\circ 15' + 11^\circ 22'$

$= 13^\circ 37'$ மே

AB யின் காந்தத் திசையம் $= 148^\circ 26'$

AB யின் அசல் திசையம் $= 148^\circ 26' - 13^\circ 37'$

$= 135^\circ 49'$

கணக்கு 6 : நண்பகல் 12.00 மணிக்கு சூரியனின் காந்தத் திசையம்

(அ) 184° 20′, (ஆ) 354° 30′ ஆக இருந்தால் அந்த இடத்தின் காந்ததாழம் எவ்வளவு ?

(அ) நண்பகலில் ஞாயிறு புவிமேவரையில் சரியாக இருக்கும். திசையம் 184° 20′ ஆக இருப்பதால் அது தென் முனையில் இருக்கிறது. எனவே புவித் தென்முனையின் திசையம் 184° 20′. எனவே புவி வடமுனையின் திசையம் 4° 20′ மேற்கு ஆக இருக்கிறது.

∴ காந்தத் தாழம் = 4° 20′

(ஆ) சூரியனின் நண்பகல் திசையம் 354° 30′ ஆகையால், புவி வடமுனையின் காந்தத் திசையம் 354° 30′ ஆகும். எனவே காந்த மேவரை, 360° — 354° 30′ = 5° 30′ அசல் மேவரைக்குக் கிழக்கே திரும்பியுள்ளது.

∴ காந்தத் தாழம் = 5° 30′ கி

கணக்கு 7 : ஒரு காந்தவட்டை நடக்கையில் கீழ்க்கண்ட திசையங்கள் எடுக்கப்பட்டன. அங்கு இடத்தக ஈர்ப்பு இருக்கலாமெனக் கருதப்படுகிறது. அந்த இடத்தின் காந்தத் தாழம் 12° மே கோடுகளின் அசல் முன் பின் திசையங்கள் காண்க.

கோடு	முன்திசையம்	பின்திசையம்
AB	60° 30′	240° 30′
BC	99° 15′	278° 0′
CD	38° 45′	221° 30′
DE	321° 15′	139° 45′

இத்தகைய கணக்குகளில், முதலில் இடத்தக ஈர்ப்பு உள்ளதா என அறிந்து அதற்கான திருத்தங்களைச் செய்து கொண்ட பின், முதற்ச் சட்டத்தின்படி காந்தத் தாழத்தைக் கணக்கில் எடுத்துக் கொண்டு அசல் திசையம் கண்டுபிடிக்க வேண்டும்.

இந்தக் கணக்கில் AB கோட்டின் முன் பின் திசையங்களின் வேறுபாடு 180° பாகையாக உள்ளது. அதனால் A,B நிலையங்கள் தவிர பிற நிலையங்களில் இடத்தக ஈர்ப்பு உண்டு.

கோடு	பார்த்த திசையம்	திருத்தம்	திருத்திய திசையம்	காந்தத் தாழம்	அசல் திசையம்	விளக்கம்
AB	60° 30′	—	60° 30′	12°மே	48° 30°	C,D ஆகிய நிலையங்களில் இடத்தாக ஈர்ப்பு உள்ளன.
BA	240° 30′	—	240° 30′		228° 30°	
BC	99° 15′	—	99° 15′		87° 15°	
CB	278° 0′	(+)1°—15′	279° 15′		267° 15°	
CD	38° 45′	(+)1°—15′	40° 0′		28° 0°	
DC	221° 30′	(-)1°30′	220° 0′		208° 0°	
DE	321° 15′	(–)1°30′	319° 45′		307° 45°	
ED	139° 45′	—	139° 45′		127° 45′	

காந்த வட்டையைப் பயன்படுத்துவதற்கான முன்னேற்பாடுகள்

1. ஒரு கோட்டின் ஒரு முனையிலிருந்து திசையம் எடுக்க இயலவில்லையானால், அக்கோட்டின் நடுவில் ஏதாவதொரு புள்ளியில் வைத்துத் திசையம் எடுக்கலாம்.

2. ஒரு கோட்டில், அதிலுள்ள தடைகள் காரணமாக திசையம் எடுக்க இயலவில்லையானால், அக்கோட்டிற்கு மிக அருகில், குத்துயரங்கள் முறையில் ஒரு இணைகோடு அமைத்து, அதில் திசையம் எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

3. காந்த ஊசி ஆடி நின்றதும், வட்டையை மெதுவாக ஒரு தட்டு, தட்டவேண்டும். அதனால் ஊசிக்கும், தாங்கு முனைக்கும் ஏதாவது உராய்வுப் பிடிப்பு இருந்தால் விடுபட்டுவிடும்.

4. கண்ணாடியைக் கைக்குட்டையால் துடைத்தால், கண்ணாடி மின்னேற்றம் பெற்றுவிடும். அதனால் ஊசி கண்ணாடியுடன் ஒட்டிக்கொள்ளும். ஈர விரலால் கண்ணாடியை மீண்டும் துடைத்தால் மின்னேற்றம் இறங்கி ஊசி விடுபடும்.

5. ஊசியின் ஆட்டத்தைக் குறைக்க, தடைக்குமிழை மெதுவாக அழுத்த வேண்டும். ஆட்டம் குறைந்து விரைவில் நிற்கும்.

6. காந்த வட்டையை சரியாக நிறுத்தி, மட்டப்படுத்த வேண்டும்.

7. காந்தவட்டையைச் சுழற்றி ஊசி வடக்கு முனையை நோக்கும்போது ஊசியை ஆட விடலாம். அதனால் கூர்முனைத் தாங்கி தேய்ந்து மழுங்காமல் இருக்கும்.

8. எப்போதும் ஊசியின் வடமுனையைப் பார்த்தே அளவு படிக்க வேண்டும். இடமாறு தோற்றப்பிழை நேராமல் இருப்பதற்காக, ஊசியின் திசையிலேயே அளவுகள் படிப்பது நல்லது.

9. முதன்மையான அளக்கைளுக்கு இரண்டு தடவை அளவு எடுத்தல் நல்லது. ஒரு தடவை எடுத்ததும் ஊசியை மீண்டும் ஆடவிட்டு, நிறுத்தி அளவு பார்த்து முன்னதோடு ஒப்பிட்டு உறுதி செய்துகொள்ளலாம்.

10. இடத்தக ஈர்ப்பைக் கண்டுபிடிக்க தலைமைக் கோடுகளுக்கு, முன்திசையம் பின்திசையம் இரண்டும் எடுக்க வேண்டும்.

11. தவறான திசையில் அளவு பார்த்துவிடல் ஆகாது. அதாவது எண்கள் ஏறுவரிசையில் பார்க்க வேண்டும். இறங்கு வரிசையில் பார்க்கக்கூடாது.

12 அளக்கை செய்வோர், தம் உடலில் இரும்புப் பித்தான்கள், சாவிக்கொத்து, போன்றவற்றைத் தவிர்க்க வேண்டும். அருகில் அம்புகள், கைக்கோடாலி, வெட்டரிவாள், சங்கிலி போன்றவை இல்லாமல் பார்த்துக்கொள்ள வேண்டும்.

13. தாங்குமுனை தேயாமல், மழுங்காமல் இருக்குமாறு கவனித்துக்கொள்ள வேண்டும். தாங்குமுனை கூராக. இல்லாவிடில் காந்த ஊசி துவளும். சரியான திசை காட்டாது. எனவே வட்டையைப் பயன்படுத்தாதபோதும், இடம் மாற்றும்போதும் ஊசியைத் தாங்குமுனையிலிருந்து தூக்கி நிறுத்த வேண்டும். அதனால் முனை மழுக்கம் குறையும்.

காந்தவட்டை அளவுகளில் பிழை வரும் வழிகள்

பிழைகள் மூன்றுவகைப்படும் : (அ) கருவிப்பிழை, (ஆ) கையாள்வதிலும் பார்ப்பதிலும் ஏற்படும் பிழைகள், (இ) வெளிப்பிழைகள்.

அ. கருவிப் பிழைகள்

1. ஊசி நேராக இல்லாவிட்டால் தவறான அளவு காட்டும்.

2. தாங்குமுனை நட்டமாக இல்லாவிடில், ஊசியின் மையம் அளவு வளையத்தின் மையத்தில் இராது.

3. ஊசி தன் காந்தத்தன்மையை இழந்ததனால் துவண்டு விழலாம்.

4. தாங்குமுனை கூராக இல்லாமல் மந்தமாக இருக்கலாம்.

5. ஊசியின் சாய்வினால், மட்டமாக இல்லாமல் இருக்கலாம்; எளிதாகச் சுழலாமல் இருக்கலாம்.

6. வட்டையை மட்டப்படுத்தியது சரியாக இல்லாவிட்டால், பார்வைச் சமதளம் செங்குத்தாக (நட்டமாக) இராது.

7. அளவு பொரித்த வட்டவளையம், கிடைமட்டமாக இல்லாதிருக்கலாம்.

8. பார்வைக்கோடு, அளவு வளையத்தின் நடுப்புள்ளி வழியாகச் செல்லாமல் இருக்கலாம்.

9. நட்டமாக இருக்கவேண்டிய நேர்காண் குதிரை முடி நேராக இல்லாமலோ, தொய்ந்தோ இருக்கலாம்.

ஆ. கையாள்வதிலும், பார்ப்பதிலும் உள்ள பிழைகள்

1. நிலையத்தின் மீது காந்த வட்டையை சரியாக மையப் படுத்தாமல் இருக்கலாம்.

2. கருவியை நிறுத்தியதும் வட்டையை சரியானபடி மட்டப் படுத்தாமல் இருக்கலாம்.

3. எதிர் நிலையத்து நேர்காண் கம்பையோ, பிற பொருள் களையோ சரியாகப் பார்க்காமல் இருக்கலாம்.

4. அளவுகளைக் கவனமில்லாமல் படிப்பது; ஊசினைய நேராகப் பாராதது; கண்ணாடிப் பட்டகத்தின் வழியாகப் படிக்கும்போது தவறான திசையில் படித்துவிடுவது.

5. பார்த்த அளவைக் குறித்துக்கொள்வது.

இ. வெளிப்பிழைகள் ;

1. மேக மூட்டம், புயல் வீச்சு போன்ற காலங்களில் வானத்தில் ஏற்படும் காந்தமாற்றங்கள்.

2. காந்தப் புயல், நிலநடுக்கம், சூரியக் கரும் புள்ளிகள், சூரியச் சுழல்கள் போன்றவற்றால் ஏற்படும் ஒழுங்கற்ற காந்த மாறுபாடுகள்.

3. தாழ மாறுபாடுகள் (நெடுங்கால ஆண்டு, நாள் மாறுபாடு போன்றவை) அருகில் இருப்பதால் ஏற்படும் இடத்தக ஈர்ப்புகள்.

காந்த வட்டைகளுக்கான சோதனைகள்

அளவுகள் தொடங்குமுன் காந்த வட்டை நல்ல நிலையில் உள்ளதா, அதன் அளவுகளை நம்பலாமா என உறுதி செய்து கொள்வது இன்றியமையாதது. அதற்குச் சில சோதனைகள் உள்ளது.

1. வட்டையை மட்டப் படுத்தியதும், ஊசி மட்டமாக உள்ளதா எனப்பார்க்க வேண்டும். ஊசியின் சாய்வால் (டிப்) ஒரு பக்கம் சாய்ந்திருந்தால், அதற்கென உள்ள பித்தளைக் கம்பிச் சுருள்களை நகர்த்தி, ஊசியைமட்டமாக்க வேண்டும். பட்டகக் காந்த வட்டையில் நகரெடையை நகர்த்தி அளவு வளையத்தை மட்டமாக்க வேண்டும்.

2. ஊசி நேராகவும், அதன் மையம், அளவு வளையத்தின் மையத்தில் உள்ளதா எனப் பார்க்கவேண்டும். அதற்கு ஊசியின் இரண்டு முனையையும் பார்க்கவும். இரண்டு அளவுகளின் வேறு பாடு சரியாக 180 பாகை இருந்தால், ஊசி நேராகவும், தாங்கு முனை மையத்திலும் உள்ளதாக அறியலாம். அவ்வாறில்லையெனில், பிழை இரண்டிலும் இருக்கலாம். வெவ்வேறு திசைகளில் வைத்துப் பார்க்கும்போது வேறுபாடு மாறாமல் இருந்தால், தாங்குமுனை நடுவில் இருப்பதாக அறியலாம். பிழை ஊசியில் தான். எனவே ஊசியில் உள்ள வளைவை நேராக்க வேண்டும். அவ்வாறின்றி மாறுபாடு மாறிவந்தால் தாங்குமுனை மையத்தில் இல்லை என அறியலாம். தாங்குமுனை வளைந்திருந்தால் அதை நேராக்கி மையப்படுத்தலாம்.

3. ஊசி துவள்கிறதா எனப் பார்க்கவேண்டும். அப்படி யிருந்தால், ஊசி சரியான காந்த மேவரையின் மீது வராது. இரண்டு வகையில் துவளம் வரலாம். ஊசி தன் காந்தத்

தன்மையை இழந்திருக்கலாம்; அல்லது தாங்குமுனை மழுங்கி இருக்கலாம். பின்னதே பெரும்பாலும் காணப்படும். இதைக் கண்டுபிடிக்க ஏதாவதொரு பொருளைப்பார்த்து அளவு எடுத்துக் கொள்க. உடனே வட்டையைச் சற்றே திருப்பிய பின் மீண்டும் அதே பொருளைப் பார்த்து அளவு எடுத்துக் கொள்க. தாங்கு கூராகவும், ஊசி காந்தத் தன்மையோடும் இருந்தால் இரண்டும் ஒரே அளவாக இருக்கும்.

4. பார்வைத் தகடுகள் நேராகவும், எதிரெதிராகவும் உள்ளதா என அறிய வேண்டும். கருவிக்கு முன்னால் ஒரு தூக்குக் குண்டை தொங்க விட்டுக்கொள்க. வட்டையை மட்டப்படுத்திக்கொண்டு நூலைப்பார்க்க. குதிரை முடியும், பார்வைத்துளையும் நூலுக்கு இணையாக இருக்கும். அவ்வாறு இல்லாவிட்டால் போதிய திருத்தம் செய்து கொள்ளலாம்.

5. பார்வைக்கோடு அளவு வளையத்தின் சுழிவழியாகச் செல்கிறதா எனப் பார்க்க வேண்டும். இதற்குப் பார்வைத்துளை, பார்வைத் தகடுகளின் வழியாக ஒரு சின்ன குதிரை முடியை இழுத்துப் பிடித்தால், அவை வ. தெ. (சுழிகள்) வழியாகச் செல்லும்.

6. பார்வைப் பிழை, அல்லது வெளிப்பிழைகள் உள்ளனவா என்று பார்க்க வேண்டும். இதற்கு ஒரு கோட்டின் முன் திசையம், பின்திசையம் எடுத்தால் அவற்றின் வேறுபாடு 180 பாகை இருந்தால் பிழை இல்லை என அறியலாம்.

துல்லியத்தின் எல்லைகள்: பட்டகக் காந்த வட்டையில் மிகக் குறைந்த அளவு 15 நிமிடம். அதனால் ஒவ்வொரு அளவுக்கும் அனுமதிக்கப்பட்ட பிழை வரம்பு 15 நிமிடம்தான். இந்த அளவுகளின் கூட்டுத்தொகை அல்லது இறுதிப் பிழை $15\sqrt{n}$ நிமிடங்களுக்கு மேல் போகக்கூடாது. (n = அளவுகளின் எண்ணிக்கை).

5. நடக்கை

Traverse என்ற ஆங்கிலச் சொல்லிற்கு குறுக்கு மறுக்காக, "நட", "முழுதும் செல்", "ஊடுருவிச்செல்" "பயணம் செய்" போன்ற பொருள்கள் உண்டு. அளக்கை முறைகளில் பல்வேறு கருவிகள்கொண்டு, குறுக்கு மறுக்காக நடந்து சென்று திரும்ப பழைய இடத்திற்கு வருவதேபோல, எல்லா அளவுகளையும் எடுக்கும் முறையை Traversing என்கின்றனர். "நட" என்ற வேர்ச் சொல்லிற்குக் கை விகுதி சேர்த்து "நடக்கை" என்ற சொல்லை அதற்கு இணையாகப் பயன்படுத்தலாம். Traverse surveying என்பதை நடக்கை அளக்கை எனலாம்.

சங்கிலி அளக்கையில் முக்கோணச் சட்டங்கள் அமைத்து, அவற்றின் அடிப்படையின் பிற புள்ளிகளைக் குறிக்கிறோம். அதில் நீளங்கள் மட்டும் இருந்தால் போதும்; கோணங்கள் தேவையில்லை; மூன்றுகோடுகள் சேர்ந்து, இணைந்துதான் செயல்படும்.

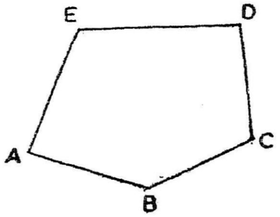
நடக்கை அளக்கையில் ஒவ்வொரு கோடும் தனித்து இயங்குகின்றன. ஒரு கோட்டை, அதன் நீளத்தாலும், திசையத்தாலும் அடையாளம் காண்கிறோம். நீளத்தை அளக்க சங்கலி, நாடா போன்றவைகளும், கோணத்தை அளக்க காந்த வட்டை, தியோடலைட் போன்றவைகளும் தேவைப்படுகின்றன.

நீளம் அளக்கும்போது, சங்கிலி அளக்கையில் கூறிய அதே முறைகள் பயன்படுகின்றன. சிறு சிறு அடையாளங்கள் குத்தான் மூலம் இதிலும் குறிப்பதுண்டு.

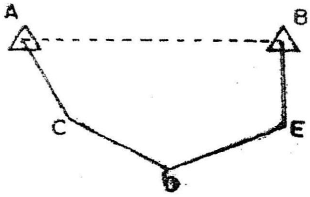
நடக்கையை (a) மூடிய நடக்கை என்றும், (b) திறந்த நடக்கை எனவும் இருவகையாகப் பிரிக்கலாம்.

(a) மூடிய நடக்கை: அளவுகளைத் தொடங்கிய புள்ளியிலேயே வந்து முடித்தாலோ அல்லது ஏற்கனவே அடையாளம்

தெரிந்த புள்ளிகளில் ஒன்றில் தொடங்கி, மற்றதில் முடிந்து ஒரு மூடிய சுற்றுவழி (closed circuit) ஏற்படுத்துவதை மூடிய நடக்கை எனலாம்.



படம் *136a*

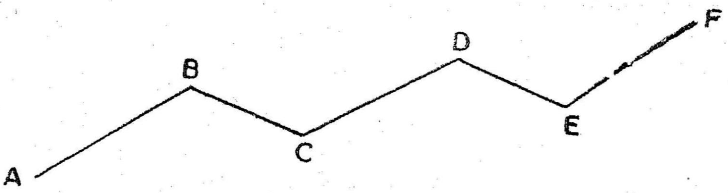


படம் *136b*

படம் 136 *a*யில் உள்ளபடி *A* யில் தொடங்கி *A* யிலேயே முடியும் பலகரமாக (polygon) அமையலாம். 133 *b* யில் உள்ள படி *A* என்ற தெரிந்த புள்ளியில் தொடங்கி *B* என்று தெரிந்த புள்ளியில் முடியும் பலகரமாக அமையலாம்.

இதில் வேலை முடியும்போது, செய்த வேலை சரியென்று உறுதி செய்துகொள்ள வழி பிறக்கின்றது. ஏரிகள், குளங்கள், காடுகள், ஓரளவு பெரிய பரப்புகளை அளக்க இந்தமுறை பொருத்தமானது ஆகும்.

(*b*) திறந்த நடக்கை: படம் 112 இல் உள்ளபடி மூடிய பலகரமாக அமையாமல், நெடுக நீண்டு கொண்டே செல்வதும், ஏற்சனவே தெரிந்த புள்ளிகளைத் தழுவாமல் செல்வதை திறந்த



படம் 137

நடக்கை எனலாம். குறைந்த அகலமும், நீண்ட தூரமும் உள்ள பெரும் பரப்பு, ஆற்றுப்பள்ளத்தாக்கு கடற்கரை, வளைந்து செல்லும் இருப்புப்பாதை முதலியவற்றை அளக்க இம்முறை ஏற்றதாகும்.

நடக்கை முறைகள் : கோடுகளின் திசை அறிய பின்கண்ட முறைகள் புழக்கத்தில் உள்ளன.

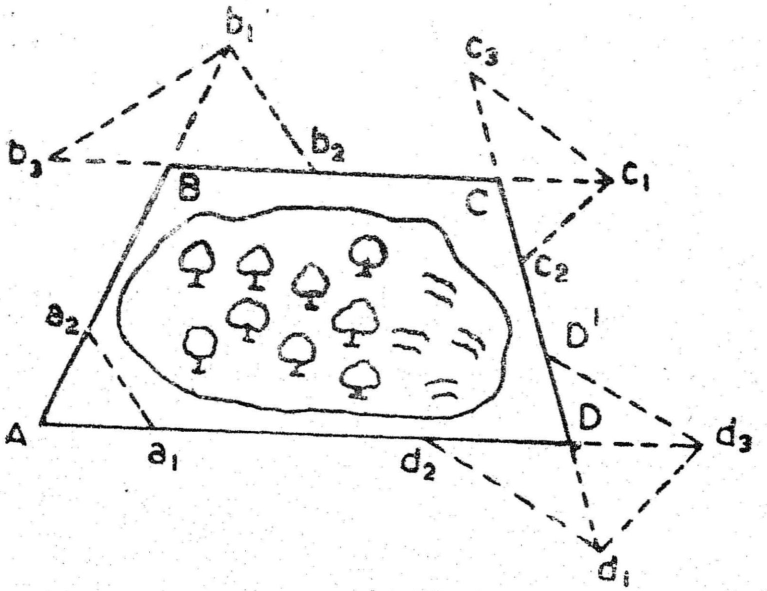
1. சங்கிலிக் கோணங்கள் மூலமாக.

2. காந்த ஊசி மூலமாக.

3. அடுத்துள்ள கோடுகளின் இடைக்கோணங்கள் மூலமாக.

1. சங்கிலிக்கோண முறை அல்லது சங்கிலி நடக்கை :

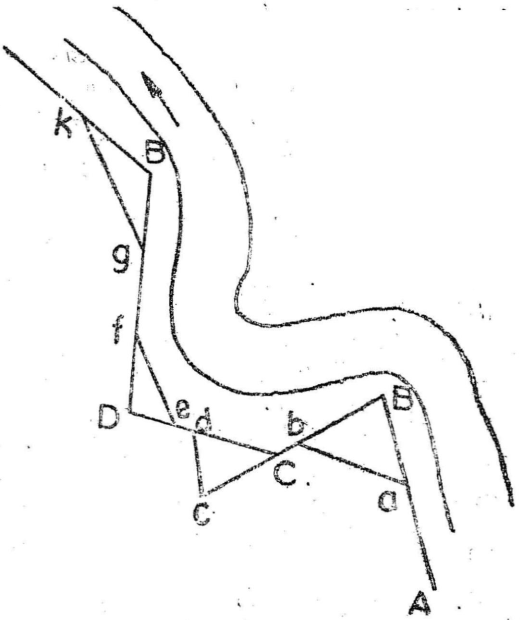
கோணமளக்கும் கருவிகள் ஏதும் கிடைக்காதபோது வெறும் சங்கிலியைக்கொண்டு, கோணங்கள் அளக்கப்படுகின்றன. காடு, குளம், பயிருள்ள வயல் முதலிய இடங்களில் முக்கோணங்கள் அமைக்க இயலாது. அதனால் அவற்றைச் சுற்றி எல்லையோரமாக ஒரு நடக்கை அமைத்து, சங்கிலியின் உதவி கொண்டே கோடு



படம் 138

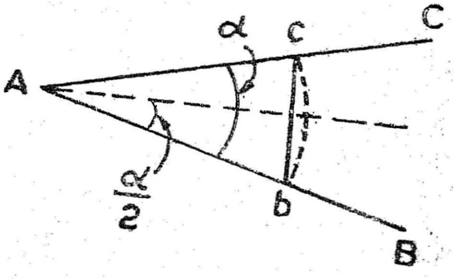
களின் திசையையும் கண்டறியப்படுகிறது. அளவைக் கோட்டின் முனைகளில் இணைப்புக் கோடுகள் ஒட்டி, அவற்றின் நீளங்களை அறிவதன் மூலம் கோணங்களை அறியலாம். இவற்றை சங்கிலிக் கோணம் (chain angles) எனலாம். இணைப்புக் கோடுகள் போதிய அளவு நீளமானதாகவும், பொருத்தமானதாகவும் தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும்.

உள் இணைப்புக்கோடு a_1 a_2, வெளிஇணைப்புக்கோடுகள் b_1,b_2, c_1, c_2, d_1 d_2 (படம் 139) போன்றவாறு இணைப்புக்கோடுகள் வரைந்து கோடுகளின் திசை அறியப்படுகிறது. *AD*, *AB* கோடுகளில் a_1 a_2 போன்ற புள்ளிகளைத் தேர்ந்தெடுத்து; Aa_1, Aa_2,



படம் 139

a_1,a_2 தூரங்களை அளப்பதன் மூலம் *A* புள்ளியின் நிலையை அறியலாம். *AB* கோட்டை நீட்டி அதில் b. புள்ளியைத் தேர்ந்தெடுத்து



படம் 140

கொண்டு, *BC* யில் b_2 ஐ தேர்ந்தெடுத்துக்கொண்டு அவற்றை அளப்பதன் மூலம் *B* யின் நிலையை நிர்ணயிக்கலாம். அதை உறுதி

செய்துகொள்ள CB ஐ நீட்டி அதில் b_3ஐ எடுத்துக்கொண்டு அதன் நீளங்களையும் அளந்து கொள்ளலாம்.

ஒரு திறந்த நடக்கை அளவு முறைகளை படம் 139 இல் காணலாம். B,C,D போன்ற நிலையங்களின் அமைவை ab, cd, ef போன்ற இணைப்புக் கோடுகளின் மூலம் அறியலாம்.

சங்கிலிக் கோணங்கள் : மேற்கண்டவாறு நீளங்களைக் கொண்டு கோணம் அறிவதற்கு நாண் முறை (chord method) என்று பெயர். படம் 140 இல் AB, AC கோடுகளின் இடையில் A யில் உள்ள கோணத்தை வேண்டுமென வைத்துக்கொள்வோம். A யை மையமாக வைத்து, ஒரு நாடா நீளத்தை (20மீ) ஆரமாக வைத்து, AB, AC கோடுகளை b, c ஆகிய இடங்களில் வெட்டுமாறு வில் வரைந்து கொள்க. bc யின் நீளத்தை அளந்து கொள்க. இதில் $\angle ABC = \lambda$ இதைக்கண்டுபிடிக்க பின் கண்ட வாய்ப்பாட்டைப் பயன்படுத்தலாம்.

$$\sin\frac{\lambda}{2} = \frac{b\lambda}{40}$$

$$\text{நிரூபணம்} = \sin\frac{\lambda}{2} = \frac{bd}{bA}$$

$$bA = 20,\ bd = \tfrac{1}{2}\,bc$$

$$\therefore \sin\frac{\lambda}{2} = \frac{bc}{2bA} = \sin\frac{\lambda}{2} = \frac{bc}{40}.$$

கோணமாக்கும் கருவிகளில் அறியும் கோணத்தைப்போல சங்கிலிக்கோணம் அவ்வளவு துல்லியமானதல்ல, தோராயமானதே.

இந்த முறையில் பிழை அதிகமாக வருமாதலால் இது விரும்பத்தக்கதல்ல. AB, AD கோடுகள் விரிந்துகொண்டே போவதால், பிழையும் கோடுகளின் நீளத்திற்கு ஏற்ப அதிகமாகிக் கொண்டே போகிறது. அளக்கையின் அடிப்படைக் கொள்கையான ''பேரெல்லையிலிருந்து சிற்றெல்லைக்கு வருதல்'' என்பதற்கு இந்த முறை எதிரானதாகும். எனவே கருவிகள் கொண்டு கோணமளப்பதே சிறந்ததாகும்.

(2) காந்த ஊசி முறை : காந்த வட்டையில், காந்த ஊசி நடுவில் ஒரு முனையில் நின்று தடையின்றி சுழலும் வகையில் உள்ளது. அந்த ஊசி எப்போதும் வடக்கு நோக்கியே இருக்கும்.

எனவே வடக்கு திசையைப் பொருத்து கோடுகளின் திசைகளை அறிந்து கொள்ளலாம். இதை காந்த திசையம் (magnetic bearing) எனலாம். இதே போல தியோடலைட்டாலும் கோடுகளின் காந்த திசையங்களை அறியலாம்.

அடுத்தடுத்துள்ள கோடுகளிலிருந்து உண்டாகும் திசை மாற்றத்தைக் கவனியாமல், எல்லாக் கோடுகளும் காந்த வடக்கைப் பொருத்தே திசை அறியப்படுவதால் இதில் பிழைகள் கூடுதலாகாமல், ஈடு செய்பவையாய் அமைகின்றன.

(3) அடுத்தடுத்த கோடுகளின் இடைக்கோணம் அளத்தல்: ஒரு கோட்டிற்கும், அதைத் தொடர்ந்து வரும் அடுத்த கோட்டிற்கும் உள்ள திசை மாற்றத்தை (கோணத்தில்) அளக்கலாம். அல்லது இரண்டு கோடுகளுக்கும் இடைப்பட்ட கோணத்தை அளக்கலாம். இதற்குத் தியோடலைட் பயன்படுகிறது. திசை மாற்றத்தைவிட, இடைபடு கோணத்தை அளத்தல் சிறந்ததாகும், பெரிய அளக்கைகளிலும், துல்லியமான வேலைகளிலும் இடைபடு கோணமே அளக்கப்படுகிறது.

கோணமளக்கும் கருவிகள்: கோடுகளைத் தாளில் வரைவதற்கு அவற்றின் நீளமும் திசையும் தேவை. நீளத்தைச் சங்கிலியால் அளந்து கொள்கிறோம். திசையை இரண்டு வகையாக குறிப்பிடலாம். ஒன்று, அடுத்தடுத்துள்ள இரண்டு கோடுகளின் இடைபடு கோணம். அடுத்தது ஒவ்வொரு கோடும் ஒரு குறிப்பிட்ட திசைக்கு (meridian) எத்தனை பாகை சாய்ந்துள்ளது அல்லது விலகியுள்ளது என்று கூறுவதாகும். இதை திசையம் (bearing) எனலாம். இரண்டு கோடுகளுக்கு இடைப்பட்டுள்ள கோணமே எதுவாக இருந்தாலும் இதன் நோக்கம் கோட்டின் திசையைக் காட்டுவதே ஆகும். கோணமளக்கும் கருவிகளில் முதன்மையானவை காந்தவட்டையும், தியோடலைட்டும் ஆகும். கடற் கோணமானியும் சில வேலைகளில் அதற்குப் பயன்படுகிறது. காந்த வட்டை இரண்டு கோடுகளின் இடைப்பட்ட கோணத்தை அளப்பதில்லை. மாறாக ஒவ்வொரு கோடும் வடக்கு திசையிலிருந்து எவ்வளவு விலகியிருக்கிறது என்பதைக் காட்டுகிறது. அவற்றிலிருந்து இரண்டு கோடுகளின் இடைப்படு கோணத்தை அறிய முடியும். தியோடலைட்டில், இடைபடு கோணத்தையும் அளக்கலாம், திசையத்தையும் அளக்கலாம்.

சங்கிலி, காந்த வட்டையுடன் நடக்கை

காந்த வட்டையால் நடக்கை செய்யும்போது காந்த ஊசி முறையைப் பயன்படுத்தி, அளக்கைக் கோடுகளின் திசைகளை அறிகிறோம். ஒவ்வொரு நிலையங்களிலும் காந்த வட்டையை மையப்படுத்தி, தொடர்ச்சியாக ஒவ்வொரு கோட்டின் முன் திசையமும், பின் திசையமும் பார்த்துக் களச் சுவடியில் குறித்துக் கொள்கிறோம். ஒவ்வொரு நிலையத்திலும், திசையங்கள், மற்றதைச் சாராமல் தனித்தனியாக எடுக்கிறோம். அதனால் பிழைகள் கூடிக்கொள்ளாமல், ஈடு செய்து கொள்கின்றன.

சங்கிலி அளக்கையைப் போலவே, இதிலும் களவேலைகளில் உளவு அளக்கை, நிலையங்களைக் குறித்தல், அடையாள அளவு எடுத்தல், அளக்கை கோடுகளை அளத்தல், பக்கப் புள்ளிகளின் விவரங்களை எடுத்தல், அவற்றைக் களச்சுவடியில் பதிவு செய்தல் போன்றவை தொடர்ச்சியாக நடைபெற வேண்டும், நிலையங்களைத் தேர்ந்தெடுக்கும்போது பின்கண்ட குறிப்புகளை நினைவில் கொள்ளவேண்டும்.

1. ஒன்றுக்கொன்று பார்வையில் படவேண்டும்.

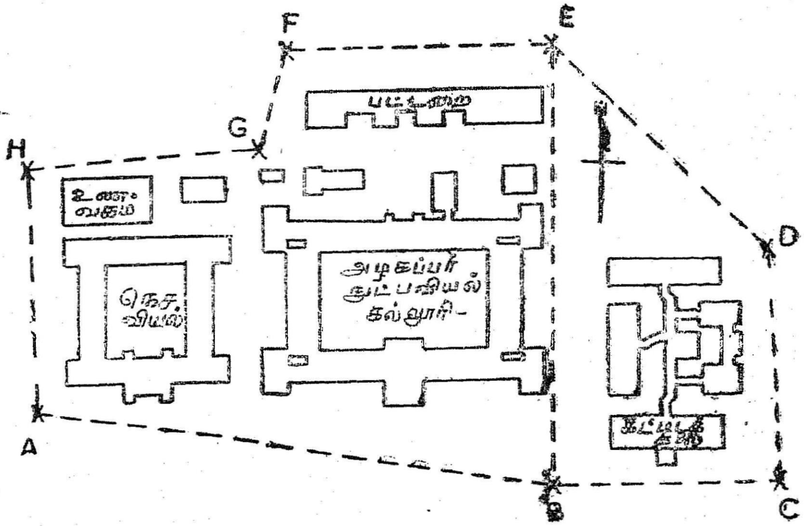
2. இடை வெளியை எளிதாக அளக்க முடிய வேண்டும்.

3. இணைக்கும் கோடுகள் எல்லையோரத்தில் அமைந்து நிறையப் பொருள்களின் அமைவு அறியுமாறு அருகில் இருக்க வேண்டும்.

4. எவ்வளவு நீளமான கோடுகளை அமைக்க முடியுமோ அவ்வளவு செய்மையில் இருக்க வேண்டும்.

141 ஆம் படத்தில் *ABCDEFGH* வழியாக ஒரு நடக்கை ஓட்ட வேண்டுமென வைத்துக்கொள்ளலாம். காந்த வட்டையை *A* யில் வைத்து மையப்படுத்தி மட்டப்படுத்திக்கொள்ள வேண்டும். *B* யில் நட்டுள்ள நேர்காண் கம்பை நோக்கி, *A* யின் முன்திசையமும், *H* இல் நட்டுள்ள நேர்காண் கம்பை நோக்கி *HA* யின் பின்திசையமும் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். *AB* கோட்டின் நீளத்தை அளந்துகொள்ள வேண்டும். அளக்கும்போதே கோட்டின் இருபக்கமுள்ள பொருள்களுக்கும், எல்லைகளுக்கும் குத்தான் எடுத்துக்கொண்டே செல்லவேண்டும். *B* நிலையத்திற்கு வந்ததும், கருவியை மையப்படுத்திக்கொண்டு *AB* யின் பின்திசையமும் *BC* யின் முன்திசையமும் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். அடுத்து *BC* யின் நீளம் அளந்து கொள்ள வேண்டும். வழக்கம்

போல குத்தூரங்களும் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். இவ்வாறு தொடர்ந்து C.D,E,F G,H நிலையங்களில் திசையங்கள் எடுக்க வேண்டும்.



படம் 141

ஒவ்வொரு நிலையத்திலும், பின் திசையம் எடுத்ததும் அந்தக் கோட்டிற்கு முன்னிலையத்திலிருந்து எடுத்த முன்திசையத்தோடு ஒப்பிட்டுப் பார்க்க வேண்டும். இரண்டிற்கும் உள்ள வேறுபாடு சரியாக 180 பாகை இருக்க வேண்டும். அல்லது பிழை அனுமதிக்கப்பட்ட எல்லைக்குள் அதாவது 15 நிமிடத்திற்குள் இருக்க வேண்டும். அதற்கு மேலிருந்தால், முன் திசையம், பின் திசையம் இரண்டையும் இன்னொரு முறை பார்க்கவேண்டும். கருவிப்பிழை, பார்வைப்பிழை இல்லாதவாறு உறுதி செய்துகொள்ள வேண்டும். அப்போதும் பிழை இருந்தால் ஒரு நிலையத்திலோ, இரண்டு நிலையங்களிலுமோ இடத்தக ஈர்ப்பு உள்ளதென அறியலாம். தாளில் வரையத் தொடங்குமுன், முன்னர் கூறியவாறு பிழைகளுக்கேற்ற திருத்தங்கள் செய்துகொள்ள வேண்டும்.

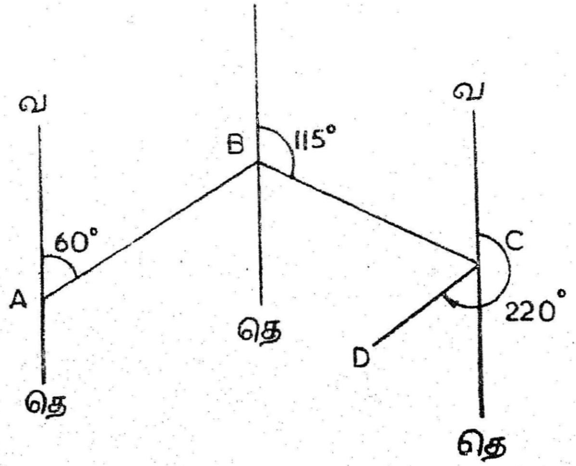
இதில் அளவுகளின் உறுதியை அறிய, முன்திசையப் பின் திசைய வேறுபாடு தவிர வேறுவழியில்லை. திசையங்கள் எவ்வளவு கவனத்தோடு எடுக்கப்படுகிறதோ, அந்த அளவுக்கு மேல் துல்லியம் எதிர்பார்க்க முடியாது. அதனால் மிகக் குறைந்த அளவே நிலையங்கள் இருப்பது நல்லது; கோடுகள் மிக நீளமாக இருக்கும் வரை நிலையங்களும் குறைவாக இருக்கும்.

தோராயமான அளக்கை போதுமான இடங்களில் ஒன்று விட்டு ஒரு நிலையங்களில் திசையங்கள் எடுத்தால் போதும். அளவுகளை வலஞ்சுழியாகவோ அல்லது இடஞ்சுழியாகவே எடுத்துக்கொண்டே செல்லலாம்.

நடக்கை அளவுகளை வரைதல்: நடக்கையின் வரைவு தொடங்கு முன்னர் பார்த்த திசையங்களுக்கு ஏதாவது திருத்தம் தேவைப்பட்டால், அவற்றைச் செய்துகொள்ள வேண்டும். முதலில் வரைவளவு தேர்ந்தெடுத்து அதன்படி தோராயமாக ஒரு படம் வரைந்துகொண்டால், படத்தின் உருவமும் அமைப்பும் தெரியும். அதிலிருந்து வரைதாளில் சரியான இடத்தில், அழகாக அமைக்க முடியும் வரைவதற்குப் பின்கண்ட முறைகளைப் பின்பற்றலாம்.

1. ஒவ்வொரு நிலையங்கள் வழியாகச்செல்லும் இணை மேவரைகள் மூலம் வரைதல்

தொடக்கப்புள்ளியான *A*யின் நிலையை சரியானபடி வரை தாளில் குறித்துக்கொண்டு, அதன் வழியாக காந்த மேவரையைக் குறிக்கும் தென்வடல் கோடு வரைந்துக்கொள்ளப்படுகிறது.

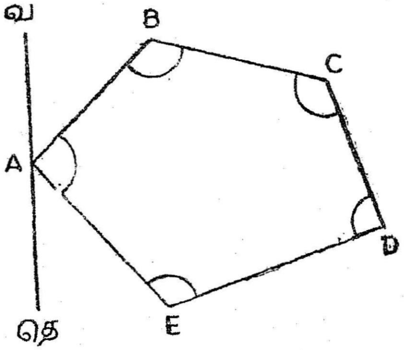


படம் 142

எளிய கோணமானியின் துணையால் *AB* யின் திசையத்தின்படி கோடு வரைந்து வரை வளைவியின் துணைகொண்டு, *AB* யின் நீளம் அளந்து (*B*) குறிக்கப்படுகிறது.

மீண்டும் *B* யின் வழியாக, காந்த மேவரை வரைந்து, *BC* யின் திசையம் அளந்து, *BC* யின் நீளம் அளந்து *C* புள்ளி குறிக்கப்

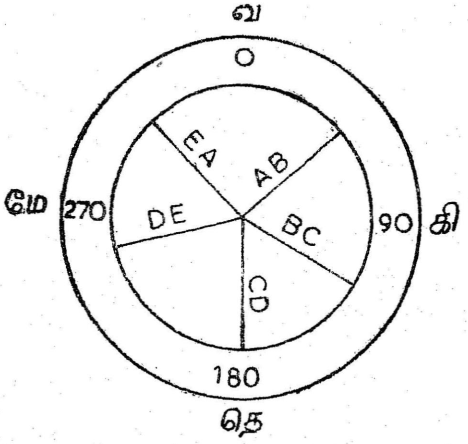
படுகிறது. இதேபோல ஒவ்வொரு நிலையமும் குறிக்கப்பட்டு, வரைவு தொடருகிறது. நடக்கை, மூடிய நடக்கையாக இருந்தால், கடைசிக் கோடு தொடக்கப் புள்ளியான *A* யில் முடியும். அவ்வாறு தொடக்கப் புள்ளியில் முடியாவிடில், அந்த வேறுபாடு இறுதிப் பிழை (closing error) என்றழைக்கப்படுகிறது.



படம் 143

(2) இடைக்கோணங்கள் மூலம் வரைதல்

முதலில் அடுத்தடுத்துள்ள கோடுகளின் கிடைக் கோணங்களை கணக்கிட்டு வைத்துக்கொள்ளவேண்டும். தொடக்கப் புள்ளியான *A* யின் வழியாக காந்த மேவரையை வரைந்து, *A* யின் திசை



படம் 144

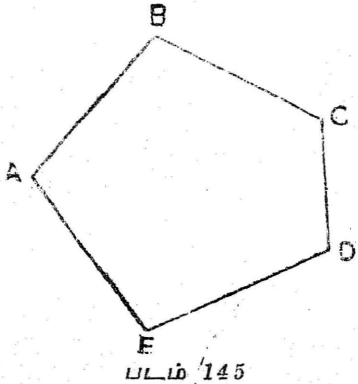
யத்தை கோணமானி மூலமாக வரைந்து கொண்டு, அதில் *AB* யின் நீளம் வரைவளவியின் துணையோடு அளந்து *B* குறிக்கப்படுகிறது. *B* யில் இடைக்கோணம் *ABC* யை கோணமானி மூலமாகவும், *BC* நீளத்தை வரைவளவி மூலமாகவும் அளந்து *C* நிலையத்தைக்

குறிக்க வேண்டும். இதே போல எல்லா நிலையங்களும் குறிக்கப் படுகின்றன.

(3) தாள் கோணமானி மூலமாக வரைதல்

வரைதாளின் ஒரு பக்கத்தில் நாமே வரைந்து கொள்ளும் கோணமானி மூலமாக வரையப்படும் முறை இது. வரைதாளின் ஒரு பக்கத்தில் ஒரு வட்டம் வரைந்து கொண்டு, அதன் மையம் வழியாக காந்த மேவரை வரைந்து வட, தென் முனைகளைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். இதன் மையப் புள்ளியிலிருந்து AB, BC, CD போன்ற கோடுகளின் திசையங்களை வைத்து அவ்வக் கோணங்களில் கோடுகளை வரைந்துகொள்ள வேண்டும்.

தொடக்கப் புள்ளி A யின் நிலையைச் சரியாகக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். A வழியாக, தாள் கோணமானியில் உள்ள AB கோட்டிற்கு இணைகோடு வரைந்து அதில் AB நீளம் கோட்டிற்கு இணைகோடு வரைந்து அதில் AB கோட்டிற்கு இணை கோடு வரைந்து அதில் AB நீளம் அளந்து குறித்து B புள்ளியை குறிக்க வேண்டும் (படம் 145(B யிலிருந்து, தாள் வரைவளவியின் BC கோட்டிற்கு இணையாகக் கோடு வரைந்து, அதன் நீளத்தை அளந்து குறித்து C புள்ளியைக் குறிக்க வேண்டும். இப்படியே வரைவைத் தொடரவேண்டும். இம்முறை பெரும்பாலும் காந்த வட்டை நடக்கையை வரைவதற்குப் பயன்படுகிறது.



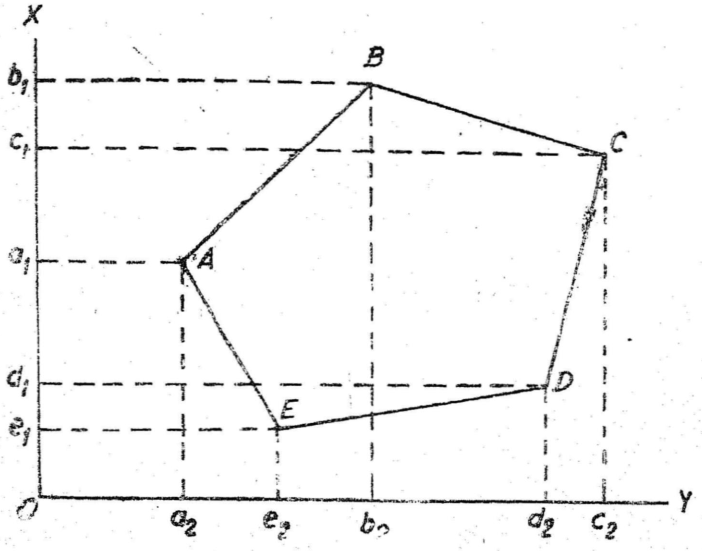
படம் 145

ஆயங்கள் (co-ordinates) மூலமாக வரைதல்

மேவரைக்கு இணையான ஒரு கோட்டை y அச்சாகவும், செங்குத்தான ஒரு கோட்டை x அச்சாகவும் எடுத்துக்கொண்டு, அளக்கைப் புள்ளிகள், கோடுகளின் நிலைகளை அவைகளோடு ஒப்பிட்டு, அதன் உதவியால் படமாக வரையலாம். x அச்சும், y அச்சும் வெட்டும் புள்ளி சுழிப்புள்ளி அல்லது தொடக்கப்புள்ளி எனப்படும். ஒரு புள்ளியின் நிலையை அது x அச்சிலிருந்து செங்குத்தாக எவ்வளவு தூரத்தில் இருக்கிறது என்றும், y அச்சிலிருந்து எவ்வளவு தூரத்தில் இருக்கிறது என்றும் சொல்லப்படும். அவை முறையே y ஆயம் என்றும், x ஆயம் என்றும் அழைக்கப்படும். y ஆயம், y அச்சிற்கு இணையாகவும், x ஆயம் x அச்சிற்கு இணையாகவும் இருக்கும்.

அளக்கை நிலையங்களின் இந்த ஆயத் தொலைவுகள், மூடிய நடக்கையின் பரப்பளவு காணவும் நடக்கைப் பலகரங்களின் கள அளவுகளை உறுதி செய்யவும் பயன்படும்.

கோடுகளின் நீளங்களை, இரு அச்சுகளிலும் வீழ்த்திக் கிடைக்கும் நீளங்கள் நேர்வரை என்றும் நிரைவரை என்றும் சொல்லப்படுகின்றன. மேவரைக்கு இணையான y அச்சில் விழும் வீழம் நேர்வரை (latitude) என்றும், x அச்சில் விழும் வீழம் நிரைவரை (departure) என்றும் சொல்லப்படுகின்றன. அதாவது ஒரு கோட்டின் தென்வடல் கூறு நேர்வரை என்றும், கிழ மேற் கூறு நிரைவரை என்றும் சொல்லப்படுகின்றன.



படம் 146

நேர்வரை (L) வடக்கு நோக்கி அளக்கும்போது கூட்டலாகவும், தெற்கு நோக்கி அளக்கும்போது கழித்தலாகவும் கருதப் படுகிறது. அவற்றை ஆங்கிலத்தில் முறையே Northing என்றும், Southing என்றும் சொல்வதுண்டு.

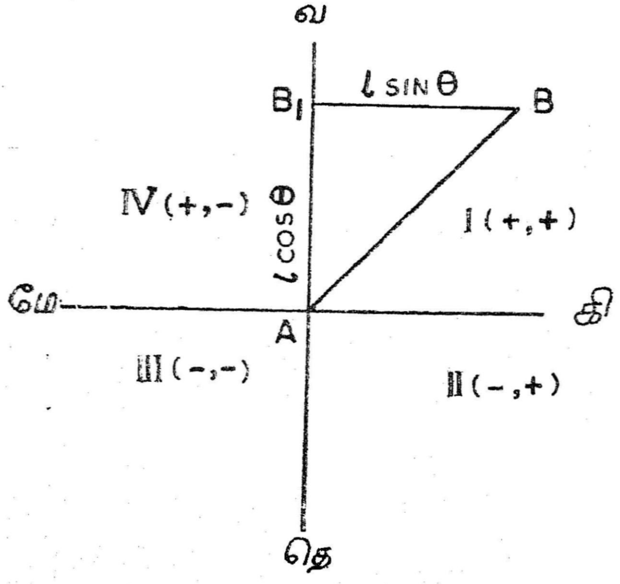
அதேபோல நிரைவரை (D) கிழக்கு நோக்கி அளக்கும்போது கூட்டலாகவும், மேற்கு நோக்கி அளக்கும்போது கழித்தலாகவும் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. அவற்றை Easting என்றும் Westing என்றும் சொல்வர்.

Northing	=	வடக்கு நேர்வரை	=	$+L$
Southing	=	தெற்கு நேர்வரை	=	$-L$
Easting	=	கிழக்கு நிரைவரை	=	$+D$
Westing	=	மேற்கு நிரைவரை	=	$-D$

ஒரு கோட்டின் நேர்வரை, நிரைவரைகளைக் கணக்கிட, அதன் குறைத்த திசையம் பயன்படும். நேர்வரை காண, கோட்டின் நீளத்தைக் குறைத்த திசையத்தின் cosine ஆலும் நிரைவரை காண sine ஆலும் பெருக்க வேண்டும்,

$$\text{நேர்வரை} = l \cos \theta$$

$$\text{நிரைவரை} = l \sin \theta$$



படம் 147

இதில் கோட்டின் நீளம் $= l$; குறைத்த திசையம் $= \theta$.

கோட்டின் குறைத்த திசையத்திலிருந்து நேர்வரை, நிரை வரைகளின் கூட்டல் கழித்தல் அடையாளங்களைக் கண்டு பிடிக்கலாம். குறைத்த திசையத்தின் முதல் எழுத்துக்களான வ. தெ. என்பவை நேர்வரை முறையே கூட்டல் என்பதையும் கழித்தல் என்பதையும் காட்டுகின்றன. பின்னர் வரும் கி. மே. என்பவை நிரைவரை முறையே கூட்டல் என்பதையும், கழித்தல் என்பதையும் காட்டுகின்றன. கோடுகளின் திசையங்கள் முழுவட்ட முறையில் அமைந்திருந்தால், அவற்றை குறைத்த திசையத்திற்கு மாற்றி எளிதாக நேர், நிரைவரைகளின் அடையாளம் அறியலாம். அல்லது பின்கண்ட அட்டவணையை மனதில்கொண்டும் அறியலாம்.

மு. வ. தி.	கால் வட்டம்	அடையாளங்கள்	
		நேர்வரை	நிரைவரை
0° முதல் 90° வரை	முதல் கால்வட்டம் வட கிழக்கு	+	+
90° முதல் 180° வரை	இரண்டாம் ,, தென் கிழக்கு	−	+
180° முதல் 360° வரை	மூன்றும் கால்வட்டம் தென் மேற்கு	−	−
270° முதல் 360° வரை	நான்காம் கால்வட்டம் வடமேற்கு	+	−

கோடுகளைப் பொருத்தவரை, அவற்றின் வீழங்கள் நேர்வரை, நிரைவரை என அழைக்கப்படுகின்றன. புள்ளிகளைப் பொருத்த வரை அவற்றின் y ஆயம் நேர்வரை என்றும், x ஆயம் நிரைவரை என்றும் சொல்லப்படுகின்றன. இவ்விரண்டு ஆயங்களையும் ஒன்றுகக் குறிப்பிடுவதற்குக் கூட்டாயங்கள் (co-ordinates) என்ற சொல் பயன்படுகிறது.

ஒரு புள்ளியின் நேர்வரை, நிரைவரைகளை, அதற்கு முந்திய புள்ளியிலிருந்து கணக்கிட்டுச் சொன்னுல், அவற்றை தொடர்ந்த கூட்டாயங்கள் (consecutive co-ordinates) என்று சொல்கின்றோம். அப்படி இல்லாமல், ஒரு பொது சுழிப்புள்ளியையும், அதிலிருந்து வரும் x, y அச்சுக்களையும் பொருத்து நேர்வரை, நிரைவரை சொல்லும்போது, அவற்றை தனித்த கூட்டாயங்கள் (independent co-ordinates) எனப்படுகின்றன. இவைகளை மொத்தநேர்வரை (total latitude) என்றும் மொத்த நிரைவரை (total departure) என்றும் சொல்கிறோம்.

ஒரு புள்ளியின் தனித்த கூட்டாயங்கள் வேண்டுமானுல், அதற்கு முன்னுலுள்ள கோடுகள் முதல்புள்ளி ஆகியவற்றின் நேர் வரை, நிரைவரைகளை அவற்றின் அடையாளங்களுடன் கூட்டிக் கொள்ள வேண்டும். விளக்கிச் சொல்லுவோம். நடக்கைப் படத்தின் ஒரு புள்ளியின்

X ஆயம் (மொத்த நிரைவரை)
= முதல்புள்ளியின் X ஆயம் + முதற் புள்ளிக்கும் அந்தப் புள்ளிக்கும் இடையிலுள்ள கோடுகளின் நிரைவரை களின் (அடையாளங்களுடனுன) கூட்டுத்தொகை.

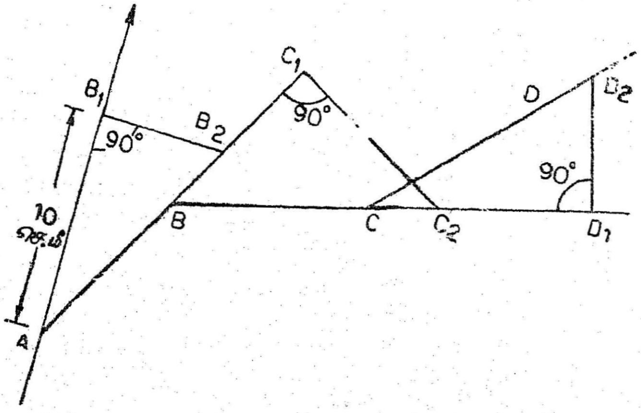
Y ஆயம் (மொத்த நிரைவரை)
= முதற் புள்ளியின் Y ஆயம் + முதற் புள்ளிக்கும் அந்தப் புள்ளிக்கும் இடையிலுள்ள கோடுகளின் நேர்வகைகளின் (அடையாளங்களுடனுன) கூட்டுத்தொகை.

எனவே ஒரு நடக்கையின் கடைசிப் புள்ளியின்

நேர்வரை (அல்லது நிரைவரை) = முதற்புள்ளியின் நேர் வரை (அல்லது நிரைவரை) + எல்லாக் கோடுகளின் நேர் வரைகளின் (அல்லது நிரைவரைகளின்) அடையாளங்களுடனுன கூட்டுத்தொகை.

தியோடலைட் நடக்கை போன்ற முதன்மையான அளக்கையின் படம் வரைய கூட்டாயங்கள் முறையே எடுத்துக் கொள்ளப் படுகிறது. அதன்படி முதலில் எல்லாக் கோடுகளுக்கும் நேர் வரை, நிரைவரைகளைத் தனியாகக் கணக்கிட்டு வைத்துக் கொள்ள வேண்டும். ஒரு வசதியான தொடக்கப் புள்ளி தேர்ந் தெடுத்துக் கொண்டு, நடக்கை முதற்புள்ளியின் நேர்வரை, நிரைவரைகளை கணக்கிட்டுக் கொள்ளவேண்டும். பின்னர் எல்லா நடக்கை நிலையங்களுக்கும் தனித்தனியாக நேர்வரை, நிரைவரை களைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளவேண்டும் இதனுல், வரையும்போது, ஒவ்வொரு புள்ளியையும் தனித்தனியாகத் தாளில் குறித்துக் கொண்டு பின்னர் புள்ளிகளை நேர்க்கோடால் இணைத்துக் கொள்ளலாம். ஒரு புள்ளி தவருகக் குறிக்க நேர்ந்தாலும், படத்தில் பொருந்தி வராமல், காட்டிக் கொடுத்து விடும். ஒரு புள்ளியில் ஏற்படும் பிழை, மற்றதைத் தழுவாது. புள்ளி களின் இடையில் கோடுகள் வரைந்து, அவற்றின் நீளங்களை அளந்து, அவை களத்தில் அளந்த நீளங்களோடு அளந்து, அவை களத்தில் அளந்த நீளங்களோடு பொருந்தி வருகின்றனவா என உறுதி செய்து கொள்ளலாம்.

(5) டேஞ்சென்டுகள் மூலமாக வரைதல்



படம் 148

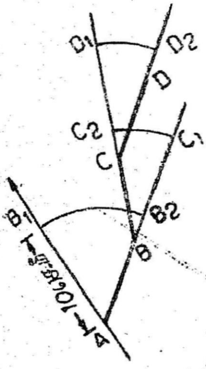
கோணமானி இல்லாதபோது, இம்முறை பயன்படுகிறது. கோடுகளின் கோணங்களை, திசைக் கோணங்களின் இயல்பு

டேஞ்சென்ட் அட்டவணையின் துணையுடன், வடிவ கணித முறையில் வரைவது இம்முறையாகும்.

தொடக்கப்புள்ளியின் A வழியாக மேவரையைக் குறிக்கும் கோடு, கீழ் மேலாக வரைந்து கொள்ளப்படுகிறது. அதில A யிலிருந்து 20 செமீ (அல்லது ஒரு வசதியான நீளம்) எடுத்துக் கொண்டு, B புள்ளி குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது. B_1 இல் மேவரைக்கு ஒரு குத்துக்கோடு வரைந்து கொள்ளப்படுகிறது. $BB_2 = 20$ செமீ $\times$ AB யின் திசையத்தின் டேஞ்சென்டு இருக்குமாறு BB_2 கண்டு, B_2 புள்ளி குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது. இப்போது AB_2 புள்ளிகளைச் சேர்த்து நீடித்தால் அதில் B இருக்கும். AB நீளத்தை அளந்து வைத்து B புள்ளி குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது. B புள்ளியிலிருந்து 20 செமீ நீளம் வைத்து C, புள்ளி குறிக்கப்பட்டு, அதில் AC க்கு குத்துக் கோடு வரையப்படுகிறது. அதில் $CC_2 = 20$ செமீ $\times BC$ திசையத்தின் டேஞ்சென்டு இருக்குமாறு அளந்து வைத்து C_2 குறிக்கப்படுகிறது. BC_2 ஐ இணைத்து, அதில் BC தூரத்தை அளந்து வைத்து C புள்ளி குறிக்கப்படுகிறது. இதேபோல வரைதல் தொடரும். 20 செமீ நீளம் இல்லாத இடங்களில் 10 செமீ அல்லது வசதியான குறைந்த நீளத்தை எடுத்துக் கொள்ளலாம். திறந்த நடக்கை வரைவதற்கு டேஞ்சென்டு முறை பயன்படுகிறது.

(6) நாண்மூலம் வரைதல்

இந்த முறையில் கோடுகளின் கோணங்கள் இயல்பு சைன் (natural sine) அட்டவணை கொண்டு, வடிவ கணித வரை முறைப்படி வரையப்படுகிறது. தொடக்கப் புள்ளி A யின் நிலையைத் தேர்ந்தெடுத்து அதன் வழியாக மேவரைக்கோடு வரைந்து கொள்ளப்படுகிறது. அதில் $AB_1 = 10$ அலகுகள் இருக்குமாறு B_1 புள்ளி குறிக்கப்படுகிறது. AB_1 நீளமாகவும், A ஐ மையமாகவும் வைத்து ஒரு வில் வரையப்படுகிறது. $B_1 B_2 =$ என்ற நாணின் நீளம் இயல்பு சைன் அட்டவணையிலிருந்து கண்டு பிடிக்கப்படுகிறது. அதற்கான வாய்பாடு $B_1 B_2 = 2 \times 10 \sin \frac{1}{2} \angle B_1 AB_2$. அதாவது AB யின் திசையத்தில் பாதியின் சைன் மதிப்பை 2×10 ஆல் பெருக்கிவரும் தொகை ஆகும். அளவுகோல் வைத்து $B_1 B_2$ ஐ அளந்து B_1 குறிக்கப்படுகிறது. அல்லது B_1 ஐ மையமாகவும், நாண் தூரத்தை ஆரமாகவும் வைத்து வில் வெட்டி B_2 கண்டு பிடிக்கப்



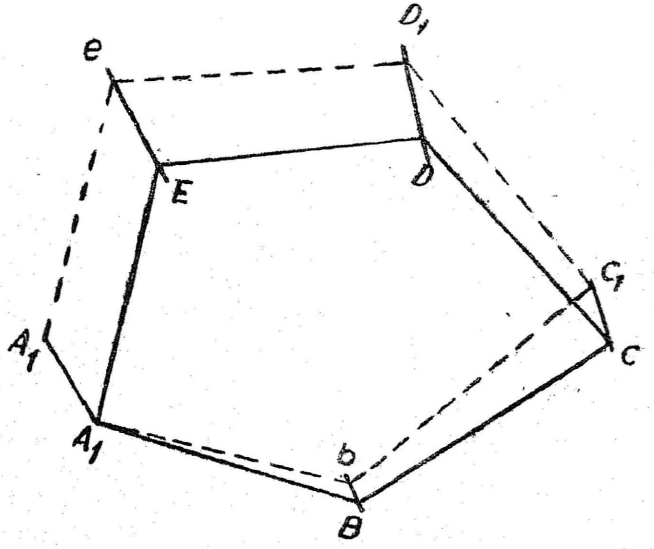
படம் 149

படுகிறது. முன்னதே நல்ல முறை. இப்போது AB_2 புள்ளிகளை இணைக்கும் கோடு AB கோட்டின் திசையத்தைத் தருகிறது. இதில் AB தூரத்தை அளந்து B யைக் குறிக்கலாம். இதே முறையில் மற்ற புள்ளிகளைத் தொடர்ந்து குறிக்கலாம். இதுவும் திறந்த அளக்கையை வரைவதற்கு பெரும்பாலும் பயன்படுகிறது.

4, 5, 6 முறைகளில் நான்காவது முறையான X, Y தூர முறை நடக்கையை வரைய மிகவும் சிறந்த முறை ஆகும்.

மூடிய நடக்கையில் இறுதிப்பிழையை சரி செய்யும் வரைமுறை

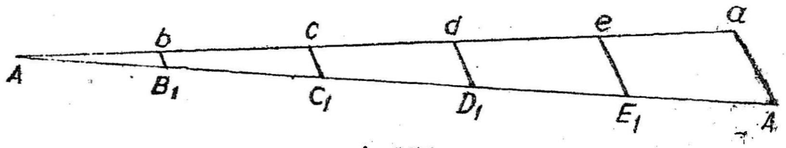
இறுதிப்பிழை என்பது ஒன்றோடொன்று சேரவேண்டிய முதல் புள்ளிக்கும், இறுதிப் புள்ளிக்கும், இடையில் உள்ள அசல் தூரமாகும். இப்பிழை மிகவும் பெரிதாக இருந்தால் அது, நீளமளந்ததில் ஏதோ தவறு இருக்கும் என சுட்டிக்காட்டுகிறது. அதனால் நீளங்களை மீண்டும் ஒரு தடவை அளக்க வேண்டியது இன்றியமையாததாகும். பிழை சிறியதாக இருந்தால், நடக்கை மூடிக் கொள்ளுமாறு பலகரத்தின் பக்கங்களை சிறிதளவு மாற்றி பிழையை தள்ளுபடி செய்யலாம். இறுதிப்பிழையை நடக்கையின் எல்லா



படம் 150

நிலையங்களுக்கும், மொத்த நீளத்தின் விகிதாசாரப்படி பிரித்து பகிர்ந்தளித்து திருத்தலாம். இப்பிழைக்கான திருத்தம், இதற்கு

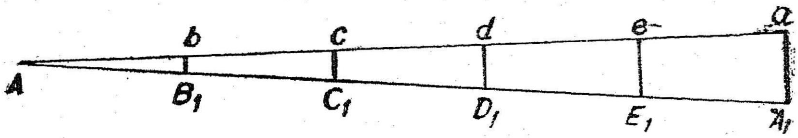
இணையான கோடுகளாக எல்லா நிலையங்களுக்கும் வந்து சேரும். இவ்வாறு சரி செய்யும் முறையை இறுதிப்பிழை சரியாக்கம் எனலாம். பின்கண்டவாறு வரைந்தும் சரி செய்யலாம். படம் 150 ல் நீளங்கள் திசையங்கள் கொண்டு வரையப்பட்ட நடக்கை A, B, C, D, E, A என்ற உருவம் உள்ளது, கடைசிப்புள்ளி A, அது சேர வேண்டிய இடமான A யுடன் சேரவில்லை. $A\ A_1$ புள்ளிகளை இணைத்துக் கிடைக்கும் கோடுதான் இறுதிப்பிழை. அதை எல்லா நிலையங்களுக்கும் பகிர்ந்தளிக்கலாம். அதற்கு ஒரு கிடைமட்டக்



படம் 151

கோடு பலகரத்தின் சுற்றளவுக்கு வரைந்து, அதில் AB_1, B_1C_1, C_1D_1, D_1E_1, E_1A, தூரங்களை அளந்துக் குறித்துக் கொள்க (படம் 151). படத்தில் இறுதிப் பிழையான AA_1 கோட்டிற்கு இணைகோடு ஒன்று, A_1 வழியாக வரைந்து அதே நீளம் அளந்து புள்ளியைக் குறித்துக் கொள்க. இப்போது A புள்ளி பலகரத்தின் அசல் நீளத்தைக் குறிக்கிறது. Aa புள்ளிகளை இணைத்து, B_1, C_1, D_1, E_1 வழியாக இணைகோடுகள் வரைந்து இணைகோட்டில் b, c, d, e புள்ளிகளில் வெட்டுக.

இப்போது பலகரத்தில் AA_1 கோட்டிற்கு இணையாக B_1, C_1, D_1, E_1 புள்ளிகள் வழியாக இணைகோடுகள் வரைந்து அவற்றில் முறையே Bb, Cc, Dd, Ee தூரங்களை அளந்து வைத்து B, C, D, E புள்ளிகளை இணைத்துக் கொள்க. இப்போது $ABCDEA$ வடிவமே திருந்திய பலகரம் ஆகும். திருத்தத்தின் நீளங்கள் மட்டும்



படம் 152

தெரிந்தால் போதுமான இடங்களில் (படம் 152), AA_1 க்கு செங்குத்தாக Aa வரைந்து, இறுதிப் பிழையின் நீளத்தை அதில் அளந்து a யைக் குறித்துக் கொள்க. இதில் $B_1\ b$, $C_1\ c$, $D_1\ d$, $E_1\ e$ முதலியன ஒவ்வொரு நிலையத்திற்கும் திருத்தத்தின் நீளத்தை மட்டும் தருகின்றன; திசையை அல்ல. இது "பௌடிச்" விதி (Bowditch's Rule)க்கு வரைவு விளக்கம் ஆகும்.

6. சமதள மேசை அளக்கை

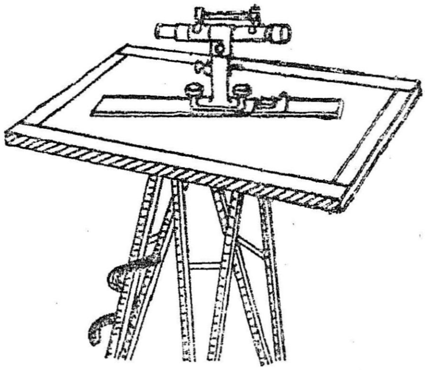
அளக்கை முறைகளில் அளவுகள் எடுப்பதும், வரைவதும் ஒன்றாக நடைபெறுவது சமதளமேசை அளக்கையில் ஆகும். பேரெல்லையிலிருந்து சிற்றெல்லைக்கு வரும் அளக்கை நியதிப்படி, ஏற்கனவே துல்லியமான அளவுகளால் குறிக்கப்பட்ட பேரெல்லைக் குள்ளடங்கிய பகுதியை சமதள மேசை அளக்கையால் நிரப் பலாம். வரைவளவு சிறிதாகவோ நடுத்தரமாகவோ இருப்பது நல்லது. இதில் மிகுந்த துல்லியம் கிடைக்காது.

கருவிகள் : சமதளமேசை அளக்கையின் இரு முக்கிய உருப் புகள் முக்காலியில் நிறுத்தப்படும் வரைவுமேசை, நேர்க்கோடு நோக்கவும், நேர்முனை வரையவும் பயன்படும் நேர்க்கோல் (alidade), ஆகியவைதான்.

வரைவுமேசை : இதன் மேற்பலகை நன்கு பதப்படுத்திய தேக்கு, பைன் போன்ற கெட்டி மரங்களால் ஆனது. 40 செமீ × 30 செமீ முதல் 75 செமீ × 60 செமீ வரை உள்ள செவ்வக அளவு களிலோ, அல்லது 50 செமீ முதல் 60 செமீ பக்கமுள்ள கட்ட மாகவோ இருக்கலாம். ஒரு முக்காலியில் நிறுத்தப்படுகிறது. எந்த நிலையில் வேண்டுமானாலும் நிறுத்த, இறுக்காணி உள்ளது. பந்து கிண்ண ஏற்பாட்டால், பலகை எல்லாத்திசையிலும் சுழலு மாறும், மட்டப்படுத்தும் வகையிலும் அமைந்துள்ளது.

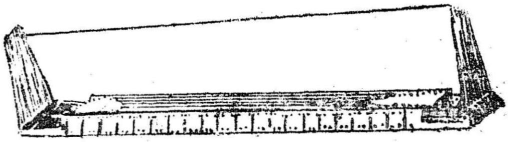
நேர்க்கோல் : இதன் அடிப்பகுதி பித்தளை அல்லது மணி வெங்கலத்தால் ஆன தட்டையான அகன்று நீண்ட பலகை யாகும். மரப்பலகையால் ஆன நேர்க்கோல்களும் உண்டு. அதன் ஓர் ஓரம் நேர்க்கோடு வரைய வசதியாக இருக்கும். அந்த ஓரத்தை நம்போரம் (fiducial edge) என்பர். சமதளமேசை அளக்கையின் துல்லியம் முழுவதும் இந்த ஓரத்தையே நம்பியே இருப்பதால் இதை நம்போரம் என்றனர் (படம் 154).

நேர்க்கோலுக்கு இருமுனையிலும் பார்வைத்தகடுகள் இருக்கும். அதில் ஒரு பக்கம் சிற்றுத் துளையும், மறுபக்கம், அகல



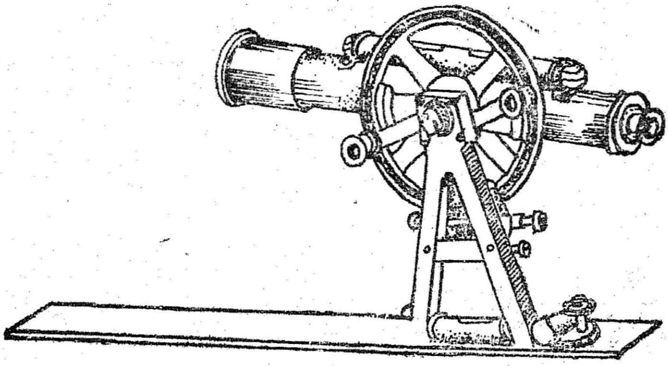
படம் 153

நெடுந்துளையில் ஒரு குதிரை முடியும் இருக்கும். இவ்விரு தகடுகளையும், வேலையில்லாதபோது மடக்கி வைத்துக்கொள்ளும்



படம் 154

வகையில் கீல்கள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இது எளிய நேர்க்கோல் எனப்படும்.



படம் 155

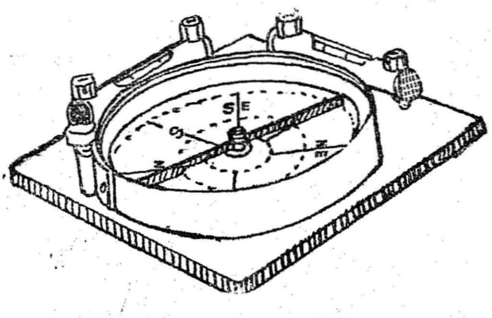
சிலவகை நேர்க்கோல்களில் (படம் 155) பார்வைத் தகடு களுக்குப் பதிலாக ஒரு தொலைநோக்கி பொருத்தப்பட்டிருக்கும். தொலைநோக்கியில் தூரம் கணிக்கும் வகையில் அதன் திசையில் படுவரை (stadia) இருக்கும். தொலைநோக்கியோடு ஒரு ரச மட்டமும் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இவ்வகை தொலைநோக்கி நேர்க்கோல் எனப்படும்.

இரு வகைகளிலும், பார்வைக்கோடு அமையும் செங்குத்துச் சமதளத்திற்கு இணையாக நம்போரம் இருக்கும். நம்போரத்தில் அளவுகள் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும். அதனால் அளக்கைக் கோடுகளின் நீளங்கள் குறிப்பதற்கு வசதி உள்ளது. சிலவகை நேர்க்கோல் களில் இணைகோடு வரைவதற்கான இணைப்பு இருக்கும். அதனால் நேர்க்கோலை நகர்த்தாமலேயே வேறு புள்ளிகளின் வழியாகச் செல்லும் கதிர்களை வரையலாம்.

பலகையைச் சமப்படுத்துவதற்கு வசதியாக நேர்க்கோலுக்குச் சிலசமயம், ஒரு வட்ட ரசமட்டம் அல்லது இரண்டு நீள ரச மட்டங்கள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

சமதள மேசைக்கான துணைக்கருவிகள் :

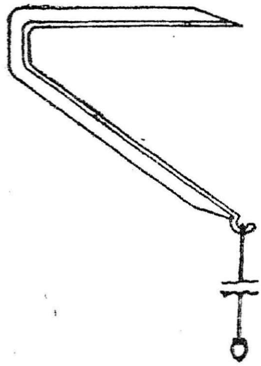
1. காந்தவட்டை : பலகையை வடக்கு திசைநோக்கித் திசைப் படுத்த காந்த வட்டை பயன்படுகிறது. ஒரு பித்தளைத் தகட்டில்



படம் 156

காந்த வட்டை பொருத்தப்பட்டிருக்கும் (படம் 156). ஒன்றுக் கொன்று செங்கோணத்திலுள்ள இரண்டு ரச மட்டங்கள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

2. தூக்குக் கவை : இது "ப" வடிவிலுள்ள கவை ஆகும், பித்தளையால் ஆனது. தாளின்மேல் உள்ள புள்ளியைத் தரையில் மாற்ற இது பயன்படுகிறது, இதன் மேல்முனை புள்ளியின் மீது இருக்கும்போது, கீழ் முனை அதற்கு நேர்கீழே இருக்கும். அதிலிருந்து ஒரு தூக்குக் குண்டைத் தொங்கவிட்டு புள்ளியை நிலத்திற்கு மாற்றலாம். (படம் 157).


படம் 157

3. நீர் புகா மூடி: மழைக்காலங்களில் பலகையையும் தாளையும் மூடிவைத்துக் கொள்ளப் பயன்படுகிறது.

3. வரைதாள் : சமதள மேசைக்குப் பயன்படுத்தும் தாள், உயர்ந்த தரமுள்ளதாக இருக்கவேண்டும். வளிமண்டல மாற்றங்களைத் தாங்குமாறு பதப்படுத்தியதாக இருக்கவேண்டும். மடிக்கவோ, சுருட்டவோ கூடாது; இரண்டு அட்டைகளின் நடுவில் வைத்துப் பாதுகாக்க வேண்டும். கண்களுக்கு குளுமையாக இருப்பதற்காக, வரைதாள் இளம்பச்சை அல்லது ஊதா வண்ணத்தில் தோய்க்கப்பட்டிருக்கும். ஈரமான வானிலையுள்ள நாட்களில் துத்தநாகத்தாள் அல்லது செல்லுலாய்டுத்தாள் பயன்படுத்த வேண்டும். தாளைப் பலகையில் நிறுத்த, கொண்டை ஆணிகள், கொக்கிகள் முதலியன பயன்படுத்தப்படுகின்றன. தாளை அல்லது தாள் ஒட்டிய துணியை மடித்து அப்படியே பலகையின் அடியில் ஒட்டிவிடுவதே மிக நல்ல முறையாகும்.

பிற வரைவு சாதனங்கள் பென்சில், அழிப்பான், அளவு கோல் முதலியன.

முன்னுரை : அளக்கை தொடங்குமுன்னர் பின்கண்ட குறிப்புகளை நினைவில் கொள்ளவேண்டும்.

1. தரையில் உள்ள நிலையங்கள் *A,B,C,D* போன்றவற்றைக் குறிக்க *a,b,c,d* போன்ற எழுத்துக்களை பயன்படுத்தலாம்.

2. பொருள்களைப் பார்க்கும்போது, மேசை நகராமல் ஒரே இடத்தில் இருக்கிறது. அதன்மேலுள்ள நேர்க்கோல் மட்டும் திசைக்கேற்ப இழுத்து வைத்துக்கொள்ளப்படுகிறது.

3. பொருள்களைப் பார்க்கும்போது, நேர்க்கோலின் நம் ஓரம் நிலையத்தைக் குறிக்கும் புள்ளியைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்க வேண்டும்.

4. மேசையை நிலையத்தில் மையப்படுத்தும்போது மட்டும் பலகை நகர்த்தப்படுகிறது. மையப்படுத்தல் முடிந்ததும், பலகை நகராமல் இறுக்காணியை முடுக்கி நிறுத்தப்படுகிறது.

சமதள மேசையை நிறுத்துதல்

1. முக்காலியின் கால்களை அகலப் பரப்பி, நிலத்தில் நன்கு ஊன்றி, பலகை சுமார் ஒரு மீட்டர் அல்லது வசதியான உயரத்தில் இருக்குமாறு நிறுத்தவேண்டும்.

2. தாளில் அந்த நிலையத்தைக் குறிக்கும் புள்ளி, சரியாகப் புள்ளியின் நேர்மேலே வருமாறு பலகையை நிறுத்தவேண்டும். இதற்கு மையப்படுத்தல் (centring) என்று பெயர். '' ப '' வடிவக் கொக்கி, தூக்குக்குண்டு இவற்றால் மையப்படுத்துதல் எளிது.

'' ப '' கொக்கியின் மேல்முனை புள்ளியின்மீது இருக்கும்போது கீழே தொங்கும் தூக்குக்குண்டு நிலையத்தின் மேலே இருக்குமாறு மேசையை அதன் முக்காலியோடு தூக்கி நகர்த்தவேண்டும். தூக்குக்குண்டு கிடைக்காதபோது புள்ளியின் நேர், பலகையின் அடியிலிருந்து சிறிய கல் ஒன்றை விழுக்காட்டி, அது நிலையத்தின் மீது விழுகிறதா எனப்பார்த்து மையப்படுத்தலாம். அளக்கையின் வரைவளவைப் பொருத்து, மையப்படுத்தலின் துல்லியம் இருக்கும். வரைவளவு எப்படியிருந்தபோதிலும் மேற்புள்ளிக்கும் அடிநிலையத்திற்கும் உள்ள கிடைதூரம் முப்பது சென்டிமீட்டருக்குள் இருந்தால் பிழை அவ்வளவாகத் தெரியாது.

3. அடுத்து, பலகையை மட்டப் படுத்தவேண்டும். மேசையில் அதற்கெனஉள்ள ஏற்பாட்டின்படி, இதன் செய்முறை அமையும். ஒரு ரசமட்டம், இரு ரசமட்டம், வட்டமட்டம் ஆகியவைகளில் ஒன்றின் உதவிகொண்டு மட்டப்படுத்தலாம். பலகையின் அடியில் மட்டப்படுத்துவதற்காக மூன்று திருகுகள் இருந்தால், முதலில் ரசமட்டத்தை இரண்டு திருகுகளுக்கு இணையாக வைத்துக்கொண்டு, இரண்டு திருகுகளையும் இயக்கி மட்டப் படுத்தவேண்டும். பின்னர் அத்திசைக்கு செங்கோணத்தில் ரசமட்டத்தை வைத்துக்கொண்டு மூன்றாவது திருகை இயக்கி மட்டப்படுத்த வேண்டும். பந்துகிண்ண அமைப்புள்ள மேசையில் பலகையைக் கையால் ஏற்றித் தாழ்த்தி மட்டப்படுத்திக்கொண்டு

பின்னர் இறுக்காணியை ஒதுக்கி நிறுத்தலாம். இவை ஏது மில்லாத மேசைகளில், மூன்று கால்களையே அகட்டி, அல்லது குறுக்கி பலகையை மட்டப்படுத்தலாம்.

திசைப்படுத்தல் (Orientation)

மேசையின் வரைதாள் உள்ள பலகையை, நிலையங்கள் நிலத்தில் உள்ள திசைக்கேற்ப அமைத்தல் திசைப்படுத்தல் ஆகும். ஒரு நிலையத்திற்கு மேற்பட்ட நிலையங்களில் கருவியை நிறுத்தி அளக்கை செய்யும்போது திசைப்படுத்த வேண்டியது இன்றியமையாததாகும். சரியாகத் திசைப்படுத்திய பலகையில் உள்ள கோடுகள், அவை குறிக்கும் நிலத்துக் கோடுகளுக்கு இணையாக இருக்கும். திசைப்படுத்த இரண்டு வழிகள் உண்டு. ஒன்று காந்த வட்டைகொண்டு திசைப்படுத்தல், மற்றது பின்பார்வை மூலம் திசைப்படுத்தல். இரண்டு புள்ளிக் கணக்கு, மூன்று புள்ளிக் கணக்குஆகியவற்றைத் தீர்ப்பதன் மூலமும் திசைப் படுத்தலாம்.

1. காந்த வட்டையால் திசைப்படுத்தல் : முதல் நிலையத்தில் மேசையை நிறுத்தியதும் காந்த வட்டையைப் பயன்படுத்தி காந்த மேவரை வரைந்துகொள்ள வேண்டும். அடுத்த நிலையங்களில் நிறுத்தியதும், முன்னர் வரையப்பட்ட மேவரைமீது காந்த வட்டையை வைத்து, ஊசி மேவரைக்கு நேராக வரும் வரை மேசையைத் திருப்பித் திசைப்படுத்த வேண்டும். பின்னர் கிடுக் கியை இறுக்கிக் கொள்ளலாம். இடத்தக ஈர்ப்பு இல்லாத இடங் களில் இது ஓரளவு பொருந்தும். சிறிய அளவு வரைபடங் களுக்கும், தோராய அளக்கைகளுக்கும் இதுவே போதும்.

2. பின்பார்வை மூலம் திசைப்படுத்தல் : இது மிகவும் துல்லிய மான முறை; பெரும்பாலும் இந்த முறையே கையாளப்படு கிறது. P என்ற நிலையத்தில் வேலை முடிந்ததும் Q என்ற நிலை யத்தில் மேசையை நிறுத்தியிருப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம். பலகையில் ஏற்கனவே PQ புள்ளிகளை இணைக்கும் Pq கோடுகளை வரைந்திருப்போம். Pq கோட்டில் நேர்க்கோலை வைத்து qp திசையில் P நிலையத்தில் உள்ள நேர்காண் கம்பை நோக்கிக் கொண்டே பலகையைத் திருப்பிச் சரிசெய்ய வேண்டும். இப்போது pq கோடு தரையில் PQ நிலையங்களை இணைக்கும் கோட் டிற்கு இணையாக வந்துவிடும். உடனே கிடுக்கியை இறுக்கிக் கொள்ளலாம்.

பலகையை மையப் படுத்தும்போதே, முன்னேற்பாடாக, திசைப்பாட்டைக் கவனத்தில் வைத்துக்கொண்டு pq கோடு pQ

கோட்டிற்கு இணையாக இருக்குமாறு மையப்படுத்த வேண்டும். அப்போதுதான் பலகை குத்தச்சைச் சுற்றி சுழற்றப்படும்போது, நிலையத்தின்மீது, அதன் புள்ளி அதிக இடமாற்றம் இல்லாமல் இருக்கும்.

சமதளமேசை அளக்கை முறைகள் : இவை நான்கு வகைப் படும்.

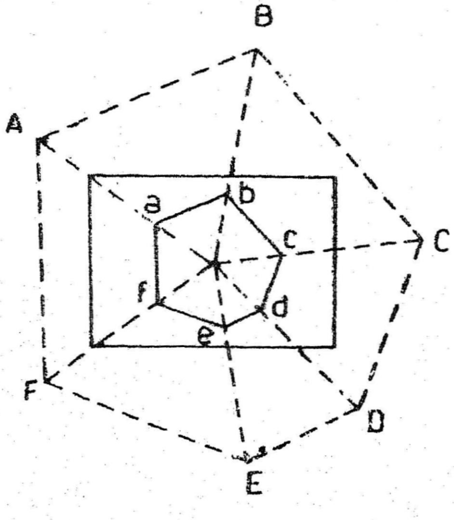
அவை 1. கதிர்முறை (Radiation)

2. வெட்டுமுறை (Inter section)

3. நடக்கை முறை (Traversing)

4. பின்வெட்டு முறை (Resection)

1. கதிர் முறை : ஒரு புள்ளியை நோக்கி திசையை வரைந்து கொண்டு, அதில் தூரத்தை அளந்து வைப்பதன் மூலம் அப்புள்ளி தாளில் வரையப்படுகிறது. ஒரு நிலையத்திலிருந்தபடியே முழு அளக்கைக் களத்தையும் வரையக் கூடிய இடங்களில் இது பயன்



படம் 158

படுகிறது. ஏற்கனவே முக்கோணமாக்கம் போன்ற வேறு அளக்கைகளால் அமைவு காணப்பட்ட நிலையத்தைச் சுற்றியுள்ள விவரங்கள் எடுக்க இம்முறை ஏற்றது.

செய்முறை 1 : எல்லாப் பொருள்களும் தெரியுமாறு ஒரு வசதியான P என்ற நிலையத்தைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்க. அந்த நிலையம் ஏற்கனவே அமைவு அறியப்பட்ட நிலையமாகவும் இருக்கலாம்.

2. மேசையைப் P நிலையத்தில் நிறுத்தி, மட்டப்படுத்திக் கொள்க.

3. ''ப'' வடிவக் கொக்கியின் உதவியால் P நிலையத்தின் நேர் மேலே பலகையில் இருக்குமாறு, p புள்ளியைக் குறித்துக்கொள்க. இப்போது p புள்ளி P நிலையத்தைக் குறிக்கின்றது.

4. தாளின் மேல் மூலையில், காந்த வட்டையின் துணையால் காந்த மேவரையை வரைந்து வடக்கு, தெற்கு திசைகளைக் குறித்துக் கொள்க.

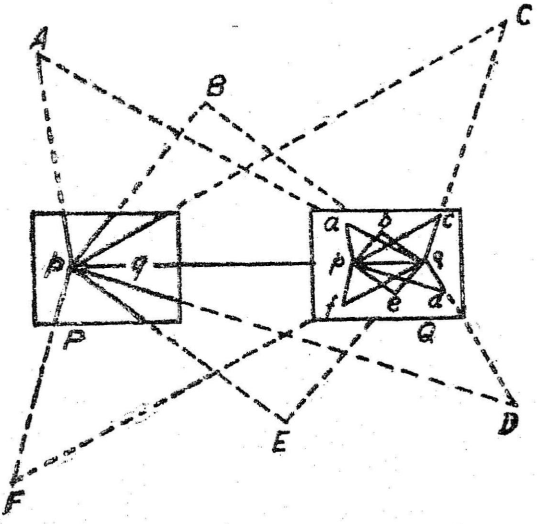
5. p புள்ளியின் மீது நேர்க்கோலின் நம்போரத்தை வைத்துக்கொண்டு ஒவ்வொரு புள்ளியையும் நோக்கி, கதிர்கள் வரைக. பல பொருள்களை நோக்கிச் செல்லும் கோடுகள், ஒளிப் பிழம்பு ஒன்றிலிருந்து கதிர்கள் செல்வது போல் உள்ளதால் இதைக் கதிர்முறை என்கிறார்கள்.

6. PA, PB, PC போன்ற பொருட்களுக்கும் நிலையத்திற்கும் உள்ள இடைத் தூரங்களை நாடா மூலம் ஒவ்வொன்றாக அளந்து கொண்டு அதைத் தாளுக்கு மாற்றி முறையே a, b, c புள்ளிகளை வைத்துக்கொள்க. இப்போது a, b, c புள்ளிகளை இணைத்து முழு வரைபடம் பெறலாம்.

நேர்க்கோல் எல்லாக் கதிர்களிலும் p புள்ளியை ஒட்டி உள்ளதா எனக் கவனித்துக்கொள்ளவேண்டும். ஒவ்வொரு கதிரையும் இழுத்த உடனேயே அதன் பெயரைக் குறித்துக் கொண்டால் குழப்பம் குறையும். AB, BC, CD போன்ற தூரங்களை நிலத்தில் அளந்து, அவற்றின் வரைவுகள் பொருத்த மாக உள்ளனவா என்று உறுதி செய்துகொள்ளலாம்.

2. இடைவெட்டுமுறை : ஒரு பொருளை நோக்கி இரண்டு நிலையங்களிலிருந்து வரையப்படும் கதிர்கள், ஒன்றையொன்று வெட்டிக்கொள்வதன் மூலம் அப்பொருளின் அமைவை தாளில் குறித்துக்கொள்வதை இடைவெட்டு முறை என்கிறோம். இந்த இரண்டு நிலையங்களை இணைக்கும் கோட்டிற்கு அடிப்படைக்கோடு என்கிறோம் (base line). இந்த முறையில், இந்த ஒரு கோடு

மட்டும்தான் நீட்டல் அளவையால் அளக்கப்படுகிறது. (அ) விவரங்கள் குறிப்பதற்கும், (ஆ) சேய்மையிலுள்ள அடைய முடியாத பொருளின் தொலைவு காணவும், (இ) விடுபட்ட எல்லைக் கோடுகளைக் கண்டுபிடிக்கவும், (ஈ) ஆறுகளின் அகலங் காணவும், (உ) அடுத்தாற்போல் அளக்கை நிலையமாக எடுத்துக்கொள்ளக் கூடிய நிலையத்தின் அமைவு காணவும் பயன்படுகிறது. மலைப் பாங்கான நிலம் போன்ற எளிதில் அளக்க முடியாத பகுதிகளுக்கு இது மிகவும் ஏற்றது. சேய்மையிலுள்ள பொருள்களின் தொலைவை உறுதிப்படுத்திக்கொள்ளவும் இம்முறை பயன்படுகிறது.



படம் 159

செய்முறை: எல்லாப் பொருள்களும் தெரியுமாறுள்ள இரண்டு பொருத்தமான நிலையங்களைத் (PQ) தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்க. இந்நிலையங்களை இணைக்கும் கோடு அடிப்படைக் கோடு ஆகும்.

2. மேசையை நிறுத்தி, மட்டப்படுத்தியபின் P நிலையத்தைக் குறிக்கும் p புள்ளியை அதற்கு நேர்மேலே தாளில் வரைந்துகொள்க. காந்த வட்டையால், காந்தமேவரை வரைந்து கொள்க.

3. நேர்க்கோலின் நம்போரம் qயை ஒட்டி வைத்துக் கொண்டு Q நிலையத்தை நோக்கியும், பிற புள்ளிகளான A, B, C போன்றவற்றை நோக்கியும் கதிர்கள் வரைந்துகொள்க.

4. அடிப்படைக் கோடு PQ வை, இரும்பு நாடாவால் கருக்காக அளந்து வரைவளவுக்கேற்ப மாற்றி q புள்ளியை வைத்துக் கொள்க. q புள்ளி Q நிலையத்தைக் குறிக்கும்.

5. மேசையை Q நிலயத்திற்கு மாற்றி மட்டப்படுத்திக் கொண்டு நிலையத்திற்கு நேர்மேலே q புள்ளியைக் குறித்துக் கொள்க.

6. நேர்க்கோலின் நம்போரத்தை qp கோட்டின்மீது வைத்து, P நிலையத்தை நோக்கிப் பின்பார்வை பார்த்து திசைப் படுத்தி, கிடுக்கியை இறுக்கிக்கொள்க.

7. நேர்க்கோலை q வை ஒட்டி வைத்துக்கொண்டு A, B, C போன்ற பொருள்களை நோக்கி கதிர்கள் வரைந்து கொள்க. அந்தந்தக் கதிர்கள் வெட்டிக்கொள்ளும் புள்ளியில் முறையே a, b, c புள்ளிகளைத் தாளில் குறித்துக்கொள்க.

இதில் வெட்டும் புள்ளிகளில் அமையும் கோணங்கள், அகன்ற விரிகோணமாகவும், குறுகிய குறுங்கோணமாகவும் இல்லாமலும் பார்த்துக் கொள்வது நல்லது. அதாவது அவை முப்பது பாகைக்குக் குறையாமலும், 120 பாகைக்கு மிகாமலும் இருக்க வேண்டும்.

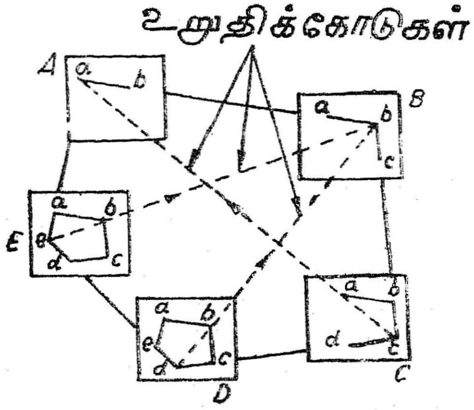
3. நடக்கை : காந்த வட்டை அல்லது தியோடலைட் கொண்டு நடக்கை செய்வதைப்போலவே, சமதள மேசை கொண்டும் அளக்கை செய்யலாம். ஏற்கனவே வேறுவித அளக்கைகளில் கண்டறிந்த நிலையங்களுக்கு நடுவில் உள்ள தரை அமைவு விவரங்கள் வரைய இது மிகவும் ஏற்றது. சாலைகள், ஆறுகள் போன்றவற்றை ஒட்டிய விவரங்களுக்கும் இம்முறையைப் பயன்படுத்தலாம்.

செய்முறை : 1 அளக்கை செய்ய வேண்டிய A, B, C போன்ற நிலையங்களைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்க.

2. A நிலையத்தின்மீது மேசையை நிறுத்துக. அதற்கிணையான புள்ளி a யை பலகையில் குறித்துக்கொள்க. மேசையை மட்டப்படுத்திக் கொண்டு, மையப்படுத்திக் கொண்டு பலகையில் கிடுக்கியை இறுக்கிக் கொள்க.

3. பலகையில் காந்த மேவரையை வரைந்துகொள்க.

4. நேர்க்கோலை *a* யை ஒட்டி வைத்துக்கொண்டு, *B* யில் உள்ள நேர்காண் கம்பை நோக்கிக் கொண்டு, நேர்க்கோலின் நம்போரத்தில் கோடு வரைந்து கொள்க.



படம் 160

5. *AB* யின் நீளத்தை நாடாவால் அளந்து, அதை வரை வளவுக்கேற்ப மாற்றி, வரைந்தக் கோட்டில் *a* யிலிருந்து அளந்து *b* புள்ளியை வைத்துக்கொள்க. இது *B* நிலையத்தைக் குறிக்கும்.

6. வழக்கமான வழிகளில் கோட்டிற்கு அருகிலுள்ள விவரங்களைக் குத்தூரம் எடுப்பதன் மூலமும், சேய்மையிலுள்ள பொருள்களை இடைவெட்டு முறைப்படியும் குறித்துக்கொள்க.

7. மேசையை எடுத்துச்சென்று *B* யில் நிறுத்தி மட்டப் படுத்திக்கொண்டு மையப்படுத்திக்கொள்க. நேர்க்கோலை *ba* யில் வைத்துக்கொண்டு *A* யில் நடப்பட்ட நேர்காண் கம்பை நோக்கிப் பலகையைத் திசைப் படுத்திக்கொள்க. பின்னர் கிடுக்கியை இறுக்கிக் கொள்க.

8. நேர்க்கோலை *b* யை ஒட்டி வைத்துக்கொண்டு *C* நிலையத்தை நோக்கிக் கொண்டே நம்போரத்தை ஒட்டி ஒரு கதிர் வரைந்துகொள்க.

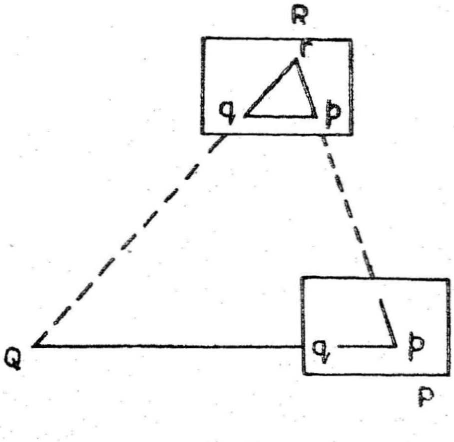
9. நாடாவால் *BC* தொலைவை அளந்து வரைவளவிற்கேற்ப மாற்றி, அதை *b* யிலிருந்து அளந்து *c* புள்ளியை வைத்துக்கொள்க. இது *C* நிலையத்தைக் குறிக்கும். அருகிலுள்ள பொருள்களை

முன்னைப் போலவே குத்துரத்திலும், வெட்டு முறையிலும் குறித்துக்கொள்க.

10. இதே முறையைத் தொடர்ந்து எல்லா நிலையங்களிலும் மேசையை நிறுத்தி வரைவைத் தொடர வேண்டும்.

காந்த வட்டையை, ஒவ்வொரு நிலையத்திலும் மையப் படுத்துவதற்கு முன்னரே பயன்படுத்திச் சரியான திசையில் பலகையை வைத்துக் கொள்ளலாம். நிலையங்களைப் பின்னோக்கு வதன் மூலம் திசைப்படுத்தி, உறுதி செய்துகொள்ளலாம்.

எந்த நிலையத்திலிருந்தும், முன்னரே வரையப்பட்ட ஓரிரு நிலையங்களை, நேர்க்கோல் மூலமாக நோக்கி அளக்கையை அவ்வப் போது உறுதி செய்துகொள்வது மிகவும் இன்றியமையாதது. நிலையங்கள் ஏதும் கண்ணில் படாதபோது, கட்டிடத்தின் முனை விளக்குக் கம்பங்கள் போன்ற தெளிவாகத் தெரியும் பொருள்களை, நோக்கி அக்கதிர் அப்பொருள்களைக் குறிக்கும் புள்ளிகள் வழியாகச் செல்கின்றனவா எனப்பார்த்து உறுதி செய்து கொள்ளலாம். மூடிய நடக்கையில், கடைசி நிலையத்திலிருந்து முதல் நிலையத்தை நோக்கி, இறுதிப் பிழையின் அளவையும், திசையையும் அறியலாம். காந்த வட்டை நடக்கையில் விவரித்தது போல இறுதிப் பிழையை வரைமுறை மூலம் பகிர்ந்தளித்து வரைவைச் சரியாக்கலாம்.



படம் 161

4. பின்வெட்டு முறை : இதில், புதிய நிலையத்தின் அமைவு, வரையும் கதிர்கள் ஒன்றையொன்று வெட்டிக்கொள்வதன் மூலம், தானே கிடைத்து விடுகிறது. நிலையங்களைக் குறிப்பதற்கு மட்டும்

இந்த முறை பயன்படுகிறது. பிற விவரங்கள் குத்தூரம் மூலமாகவும், இடைவெட்டு மூலமாகவும் வரையப்படுகின்றன.

செய்முறை : 1. இடைவெட்டு முறைபோல, முதலில் *PQ* என்ற அடிப்படைக் கோட்டைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்க. அதைக் கவனமாக அளந்துக்கொண்டு வரைவளவுக்கேற்ப பலகையில் தக்க இடத்தில் வரைந்து கொள்க.

2. மேசையைப் *P* நிலையத்தில் நிறுத்துக. நிலையத்தின் நேர் மேலே *p* இருக்குமாறு, மையப்படுத்தி மட்டப்படுத்திக் கொள்க.

3. நேர்க்கோலே *pq* வின் மீது வைத்துக்கொண்டு, *Q* நிலையத் தின் மீதுள்ள அடையாளத்தை நோக்கித் திசைப்படுத்திக் கொண்டு, பலகையின் இறுக்காணியை இறுக்கிக் கொள்க.

4. பின் வெட்டு முறையில் புதிய நிலையத்(*R*)தை முதலிலேயே தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். *p*யை ஒட்டி நேர்க்கோலே வைத்துக் கொண்டு, *R* நிலையத்தில் உள்ள நேர்காண் கம்பை நோக்கி ஒரு கதிர் வரைந்துகொள்க. அக்கதிரில் *R* நிலையத்தைக் குறிக்கும் *r* புள்ளியைக் குத்துமதிப்பாக குறித்துக் கொள்க.

5. மேசையை *R* நிலையத்திற்கு மாற்றிக்கொண்டு, தோராய மாக *r* புள்ளிக்கேற்ப மையப்படுத்திக் கொண்டு, நேர்க்கோலே *rp* யின்மீது வைத்துப் *P* யை நோக்கிப் பலகையைத் திசைப்படுத்திக் கொண்டு, கிடுக்கியை இறுக்கிக்கொள்க.

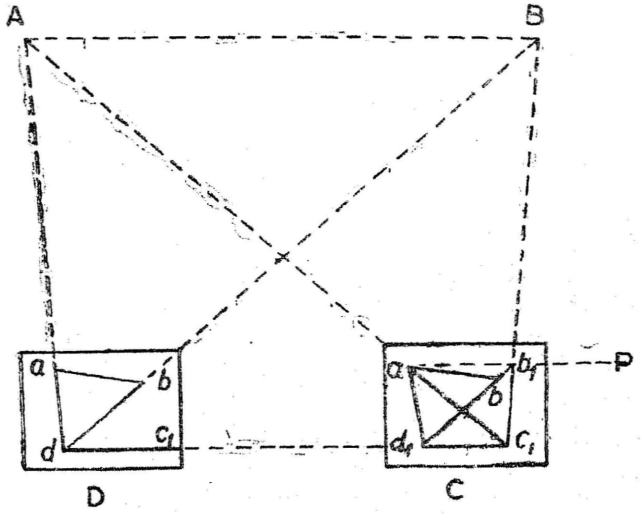
6. நேர்க்கோலே *q* புள்ளியை ஒட்டி வைத்துக்கொண்டு (*q* புள்ளி, *r* அல்ல) *Q* நிலையத்தை நோக்கிக்கொண்டு, ஒரு கதிர் வரைக. இக்கதிர் முதலில் வரைந்த *pr* கோட்டில் வெட்டும் இடமே சரியான *r* புள்ளி ஆகும்.

7. இதே முறையைப் பின்பற்றிப் பிற நிலையங்களையும் வரைந்து கொள்க.

இந்த முறையில் முன்னுலுள்ள நிலையத்திலிருந்து, மேசை உள்ள நிலையத்திற்குப் பின்கதிர் வரையப்படுவதால், இதை பின் கதிர் முறை என்றும் சொல்வதுண்டு. இந்த முறையில் நிலயங்களை முதலிலேயே தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்வது மிகவும் இன்றியமை யாததாகும். நிலையத்தை மையப்படுத்த தோராயமான புள்ளியைப் பயன்படுத்துவதால் ஏற்படும் பிழை அவ்வளவு ஒன்றும் பெரிதல்ல.

பின்வெட்டு முறைகளில் இது ஒரு வகை, இதன் பிற வகையில் (1) இரண்டு புள்ளிக் கணக்கும், (2) மூன்று புள்ளிக் கணக்கும் முதன்மையானவை.

இரண்டு புள்ளிக் கணக்கு : ஏற்கனவே வரைபடத்தில் குறிக்கப் பட்ட, இரண்டு தெளிவான நிலையங்களைப் பார்ப்பதன் மூலம், மேசை உள்ள நிலையத்தின் இடத்தைப் பலகையில் சுருக்காகக் குறிக்கும் முறை இரு புள்ளிக் கணக்கு எனப்படும்.



படம் 162

படத்தில் *AB* என்பன தெரிந்த நிலையங்கள். அவற்றின் நிலை வரைபடத்தில் *ab* ஆக உள்ளது. *C* என்ற நிலையத்தில் மேசை உள்ளது. அதன் நிலை (c) யை வரைபடத்தில் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். இதற்குக் கூடுதலாக இன்னொரு துணை நிலையமும் தேவைப்படுகிறது.

செய்முறை : 1. *D* என்ற துணை நிலையம் ஒன்றைத் தேர்ந் தெடுத்துக்கொள்க. *CAD* கோணமும், *CBD* கோணமும் மிகக் குறுகியதாக இல்லாமல் தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும்.

2. மேசையை *D* நிலையத்தின் மீது நிறுத்தி மட்டப்படுத்திக் கொள்க. *ab* கோட்டை, *AB* நிலையங்களுக்கு இணையாக இருக்குமாறு தோராயமாகத் திசைப்படுத்திக்கொண்டு, இறுக் காணியை இறுக்கிக் கொள்க.

3. நேர்க்கோல் aயைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு வைத்துக்கொண்டு, A நிலையத்தை நோக்கிக் கொண்டு ஒரு கதிர் வரைக. அதேபோல B புள்ளியில் நேர்க்கோலை ஒட்டி வைத்துக் கொண்டு B நிலையத்தை நோக்கிக் கொண்டே ஒரு கதிர் வரைக. இரண்டும் வெட்டிக்கொள்ளும் இடம் d_1 ஆகும். d_1 தான் D நிலையத்தைத் தோராயமாகக் குறிக்கும் புள்ளி.

4. நேர்க்கோல் d யை ஒட்டிக் கொண்டிருக்குமாறு வைத்துக் கொண்டு C நிலையத்தை நோக்கி ஒரு கதிர் வரைக. அதில் குத்து மதிப்பாக, C நிலையத்தைக் குறிக்கும் c புள்ளியை வைத்துக் கொள்க.

5. மேசையை எடுத்துச் சென்று C நிலையத்தில் நிறுத்துக. பலகையை மட்டப்படுத்திக்கொண்டு, D யை நோக்கித் திசைப் படுத்திக்கொள்க. நேர்க்கோலை cd மீது வைத்துக் கொண்டு, அதன் வழியாக D நிலையம் தெரியும் வரை, பலகையைச் சுழற்றிப் பின் கிடுக்கியை இறுக்கிக் கொள்க.

6. நேர்க்கோலை a யை ஒட்டிவைத்துக் கொண்டு A நிலையத்தைப் பார்த்து ஒரு கதிர் வரைக. இது dc கோட்டை c புள்ளியில் வெட்டும். இந்த c புள்ளியில் நேர்க்கோலைவைத்து B நிலையத்தை நோக்கி ஒரு கதிர் வரைக. இக்கதிர் b புள்ளி வழியாகச் சென்றால், ab கோட்டை முதலில் AB நிலையங்களுக்கு இணையாகத் தோராயமாகத் திசைப்படுத்தியது, முற்றிலும் சரியானது என்று பொருள். அவ்வாறு செல்லாவிடில் db கோட்டை நீட்டி, அது CB கோட்டை வெட்டுமிடத்தை b என்று குறித்துக் கொள்க. இப்போது நமது வரைபடம் $ebab_1$ அளவுக்கு பிழை என்று அறிந்துகொள்ள வேண்டும்.

7. இதைத் திருத்த ab மீது நேர்க்கோலை வைத்து, அதன் நேர் சுமார் பத்து மீட்டர் தூரத்தில் ஒரு நேர்காண் கம்பை (P) நிலத்தில் ஊன்றிக்கொள்க.

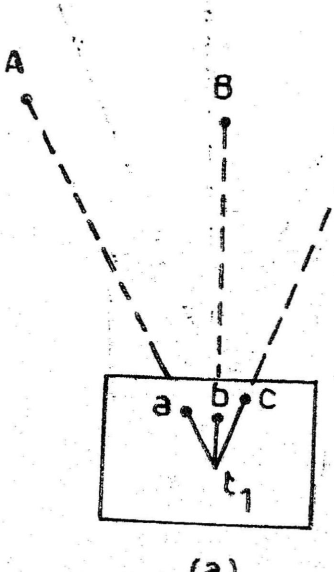
8. பின்னர் கிடுக்கியைத் தளர்த்திக்கொண்டு, நேர்க்கோலை ab கோட்டின் மீது வைத்து, அதன் நேர் P நிலையம் வரும்வரை, பலகையைத் திருப்பிய பின்னர் கிடுக்கியை இறுக்கிக்கொள்க. இப்போது ab கோடு AB நிலையங்களுக்கு இணையாக உள்ளது.

9. C நிலையத்தின் அசல் நிலையை அறிந்து கொள்ள, a புள்ளி வழியாக A நிலையத்திற்கு ஒரு கதிரும், b புள்ளி வழியாக B நிலையத்திற்கு ஒரு கதிரும் வரைந்தால், அவை பின்னால் வெட்டும் புள்ளியே C நிலையத்தைக் குறிக்கும் அசல் c ஆகும்.

முப்புள்ளிக் கணக்கு : ஏற்கனவே வரைபடத்திலுள்ள தெரிந்த தெளிவான மூன்று புள்ளிகளை நோக்குவதன் மூலம், சமதள மேசை உள்ள நிலையத்தின் அமைவைத் தாளில் வரையும் முறை முப்புள்ளிக் கணக்கு எனப்படும்.

A, B, C என்ற மூன்று பொருள்களின் அமைவு வரைதாளில் *a, b, c* எனக் குறிக்கப்பட்டுள்ளதாக வைத்துக்கொள்வோம். அவற்றைப் பார்ப்பதன் மூலம் மேசை உள்ள நிலையமான *T* யின் நிலையை தாளில் *t* ஆகக் குறித்தல் வேண்டும். மூன்று வித செய் முறைகள் உள்ளன. அவை (அ) கண்ணாடி வரைதாள் முறை (எந்திர முறை), (ஆ) வரைவு முறை, (இ) தவறிஅறி முறை.

(அ) கண்ணாடி வரைதாள் முறை : இதை எந்திர முறை என்றும் சொல்வர். அதிகக் கவனம் தேவையில்லாமல் எந்திரம் செய்வது போலச் செய்தாலும் சரியான விடை கிடைத்து விடு மாதலால், இதை எந்திர முறை என்கிறோம். இதில் கூடுதலாக ஒரு கண்ணாடி வரைதாளின் துணை தேவைப்படுகிறது.



(a)

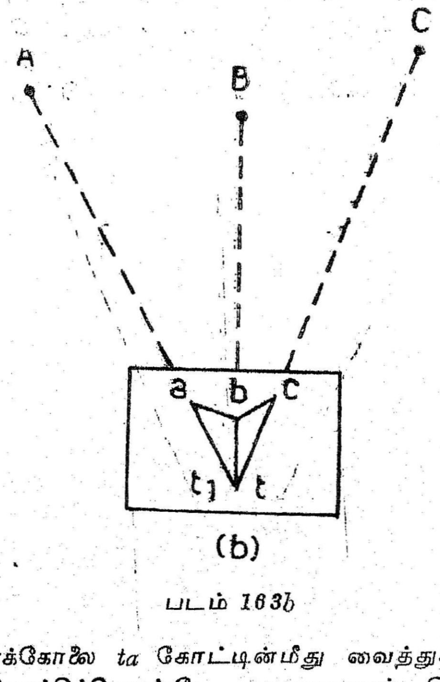
படம் 163*a*

1. அமைவு அறிய வேண்டிய நிலையம் *T* யின் மீது மேசையை நிறுத்திக்கொள்க. பலகையை மட்டப்படுத்திக் கொண்டு, காந்த வட்டை கொண்டோ, அல்லது கண் மதிப்பாலோ

தோராயமாகத் திசைப்படுத்திக் கொள்க. பலகையின் மீது ஒரு கண்ணாடி வரைதாளை ஒட்டிக் கொள்க. அதில் T யின் நேர் மேலே t இருக்குமாறு தோராயமாகக் குறித்துக்கொள்க.

2. நேர்க்கோலை tயை ஒட்டி வைத்துக்கொண்டு ABC ஆகிய வற்றை நோக்கிக் கதிர்கள் வரைந்துகொள்க.

3. கண்ணாடி வரைதாளை எடுத்துவிட்டு, அசல் வரை படத்தை வைத்து ஒட்டிக்கொள்க. வரைபடத்தின்மீது கண்ணாடித்தாளை நகர்த்தி, a, b, c மூன்று புள்ளிகளும் ஒரே சமயத்தில் தத்தம் கதிர்களின்மேல் வருமாறு நகர்த்திப் பிடித்துக் கொள்க. இப்போது t புள்ளிக்கு நேர் வரைபடத்தில் t புள்ளி யைக் குறித்துக்கொள்க.



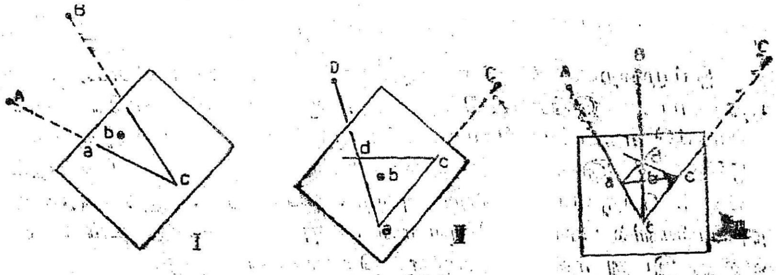
படம் 163b

4. நேர்க்கோலை ta கோட்டின்மீது வைத்துக்கொண்டு, A புள்ளியை நோக்கிக்கொண்டே பலகையைத் திசைப்படுத்திக் கொள்க. பின் இறுக்காணியை இறுக்கிக் கொள்க. இப்போது t புள்ளி T நிலையத்தின் நேர்மேலே இருக்கும். இதை உறுதி செய்துகொள்ள b வழியாக Bயை நோக்கி ஒரு கதிரும் c வழியாக Cயை நோக்கி ஒரு கதிரும் வரைந்துகொள்க. இம்மூன்று கதிர் களும் t யிலேயே வெட்டிக் கொண்டால் பிழை ஏதுமில்லை

என்று அறியலாம். பிழை இருந்தால் tயை ஒட்டி ஒரு சிறு முக்கோணம் வரும். அதைத் தவறி அறி முறையில் கூறப்படுவது போல திருத்திக்கொள்ளலாம்.

(ஆ) வரைவு முறை : பலவித வரைவு முறைகள் புழக்கத்திலிருந்தபோதிலும் பெசல் முறையே (Bessel's solution) எளிய முறை ஆகும். அதன் செய்முறை வருமாறு:

1. மேசையை T நிலையத்தின் மீது நிறுத்திக்கொள்க. ba கோட்டின் மீது Aக்கு அருகில் a இருக்குமாறு நேர்க்கோலை ஒட்டி வைத்துக்கொண்டு, A நிலையத்திலுள்ள அடையாளத்தை நோக்கிக்கொண்டே, பலகையின் கிடுக்கியை இறுக்கிக்கொள்க. நேர்க்கோலை c யை ஒட்டி வைத்துக்கொண்டு B யை நோக்கி ஒரு கதிர் வரைந்துகொள்க.



படம் 164

2. கிடுக்கியைத் தளர்த்திக்கொள்க. ac கோட்டின்மீது, c புள்ளி C நிலையத்திற்கு அருகில் இருக்குமாறு, C நிலையத்தை நோக்கித் திசைப்படுத்திக் கொள்க. நேர்க்கோலை cயின்மீது ஒட்ட வைத்துக்கொண்டு B நிலையத்தை நோக்கி ஒரு கதிர் வரைக. முதலில் வரைந்த கதிரும் இக்கதிரும் வெட்டுமிடம் d ஆகும்.

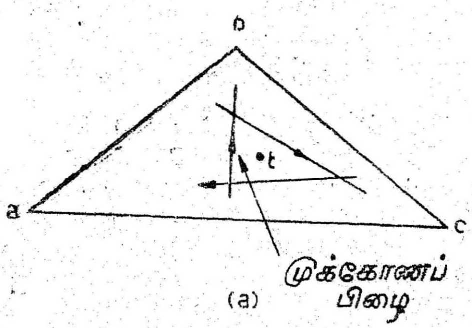
3. கிடுக்கியைத் தளர்த்திக்கொண்டு bd புள்ளி வழியாக நேர்க்கோலை வைத்துக்கொண்டு B நிலையம் தெரியும்வரை பலகையை சுழற்றிக் கொண்டு கிடுக்கியை இறுக்கிக்கொள்க. பலகை இப்போது சரியாகத் திசைப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. db வழியாக வரும் கதிரில்தான் t நிலையம் இருக்கவேண்டும். a புள்ளியின்மீது நேர்க்கோலை வைத்துக்கொண்டு A நிலையத்தை நோக்கி ஒரு கதிர் வரைக. இக்கதிர் db வழியாக வரும் கதிரை வெட்டுமிடம் t ஆகும். வரைவில் பிழை உள்ளதா, இல்லையா என அறிந்துகொள்ள c புள்ளியில் நேர்க்கோலை வைத்துக்கொண்டு, C நிலையத்தை நோக்கி ஒரு கதிர் வரைக. இது tயிலேயே வெட்டினால் பிழை இல்லை என அறிந்துகொள்ளலாம்.

(இ) தவறி அறிமுறை: இது மிகவும் எளிதான முறை ஆகும். விரைவில் செய்துவிடலாம். மேசை உள்ள நிலையத்தைத் தவறி அறிமுறையினால் (trial and error) வரைகிறோம். இதைப் பிழை முக்கோண முறை என்றும் சொல்வதுண்டு.

மேசையை T நிலையத்தின்மீது வைத்து நிறுத்திக்கொண்டு, கண்மதிப்பால் திசைப்படுத்திக் கொள்ளப்படுகிறது. a, b, c புள்ளிகளின் வழியாக முறையே A, B C நிலையங்களை நோக்கி Aa, Bb, Cc, என்ற பின்கதிர்கள் வரையப்படுகின்றன. கண்மதிப்பால் திசைப்படுத்தியது சரியாக இருந்தால் மூன்று கதிர்களும் ஒரே புள்ளியில் வெட்டிக்கொள்ளும். அப்படி இல்லாதபோது ஒரு சிறு முக்கோணம் ஏற்படும். இதைப் பிழை முக்கோணம் என்பர். திரும்பத் திரும்ப இதே முறையில் வரைந்தால் பிழை முக்கோணம் சிறியதாகிக்கொண்டே வந்து இறுதியில் ஒரே புள்ளியில் முடியும்.

இம்முறைக்கு லேமன் விதிகளைப் (Lehmann's Rules) பின்பற்றலாம். இதில் A, B, C என்ற மூன்று நிலையங்களை முனைகளாகக்கொண்ட முக்கோணம் பெருமுக்கோணம் என்று அழைக்கப்படுகிறது. இம்மூன்று நிலையங்களின் வழியாகச் செல்லும் வட்டம் பெருவட்டம் என்று அழைக்கப்படுகிறது. இந்த மூன்று நிலையங்களில் சேய்மையிலுள்ளதை நோக்கும்போது உள்ளபடி, வலது, இடது என அடையாளம் சொல்லப்படுகிறது.

லேமன் விதி: 1. t புள்ளியிலிருந்து Aa, Bb, Cc கதிர்களுக்கிடையிலுள்ள தூரம், முறையே t நிலையத்திலிருந்து A, B, C

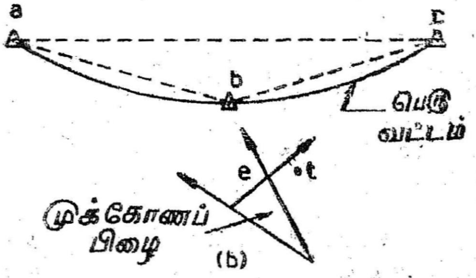


படம் 165a

புள்ளிகள் உள்ள தூரத்திற்கு அல்லது அவற்றின் வரைவு தூரத்திற்கு நேர் விகித சமத்தில் இருக்கும்.

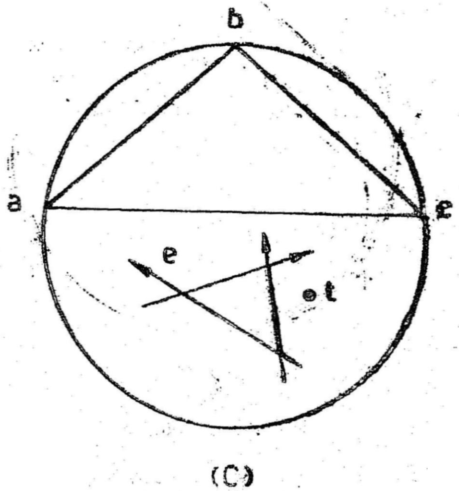
2. அடையாளப் புள்ளியை (அதாவது சேய்மையிலுள்ள நிலையத்தை) நோக்கிக் கொண்டிருக்கும்போது, *Aa*, *Bb*, *Cc* கதிர்கள் இருக்கும் பக்கத்திலேயே, *t* புள்ளியும் இருக்கும்.

3. மேற்கண்ட விதிகளின்படி, கருவி நிலையம் *T*, பெருவட்டத்திற்கு உள்ளே இருந்தால், *t* புள்ளி, பிழை முக்கோணத்திற்கு உள்ளே இருக்கும். மாறாக *T* பெருவட்டத்திற்கு வெளியே இருந்தால், *t* யும் பிழை முக்கோணத்திற்கு வெளியே இருக்கும்.



படம் 165*b*

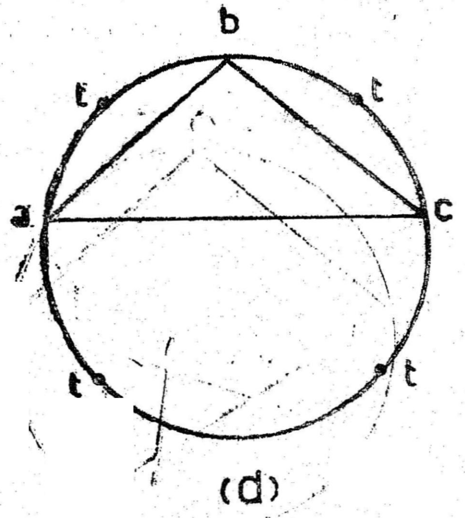
படிக்கும்போது இவை, தெளிவாக விளங்காததுபோலத் தோன்றினாலும், களத்தில் செய்யத்தொடங்கும்போது தானாக வந்துவிடும்.



படம் 165*c*

செயல் முறையில், மூன்று நிலையங்களையும் பார்த்துக் கொண்டு ஒரு வசதியான இடத்தில் மேசையை நிறுத்தலாம். T நிலையம், A,B,C மூன்று புள்ளிகளைப் பொருத்தவரை பெரிய முக்கோணத்தின் உள்ளே உள்ளதா, பெரிய முக்கோணத்திற்கு வெளியிலும், மூன்று வட்டநாண் பகுதிக்குள் ஏதாவது ஒன்றிலும் உள்ளதா, பெரிய வட்டத்திற்கு வெளியில் உள்ளதா என்றும், கண்களாலேயே மதிப்பிட்டு அறியலாம். மேற்கண்ட விதிகளைப் பயன்படுத்தி t புள்ளியின் அமைவை உத்தேசமாக அறியலாம். நேர்க்கோலை a, b, c புள்ளிகளில் வைத்துக்கொண்டு, A,B,C நிலையங்களை நோக்கி நேர்க்கோடுகள் வரையலாம். அவை மூன்றும் உத்தேசமாகக் குறித்த t புள்ளியின் வழியாகச் சென்றால், பிழை ஏதும் இல்லை என்று அறியலாம். அன்றி ஒரு முக்கோணம் அமைந்தால் அடுத்தடுத்துக் கதிர்கள் வரைந்துகொண்டேயிருந்தால், பிழை முக்கோணம் கொஞ்சம் கொஞ்சமாகச் சிறியதாகிக் கடைசியில் ஒரு புள்ளியில் முடியும். இதுவே t புள்ளி ஆகும்.

பிடிபடுதிறன் (Strength of Fix) : t புள்ளியைச் சரியாகப் பிடிக்கும்பணி, A,B,C, T நிலையங்களின் ஒப்பமைவைப் (relative location) பொருத்ததாகும். A,B,C புள்ளிகளின் வழியே வரும் பெருவட்டத்தின்மேலேயே T யும் அமைந்துவிட்டால், t புள்ளி



படம் 165d

யைக் கண்டுபிடிக்க முடியாது. பலகை சரியாகத் திசைப்படுத்தாத போதிலும், மூன்று கதிர்களும் ஒரே புள்ளியில் வெட்டிக் கொள்ளும்.

T நிலையம் வேறு இடத்தில் அமைந்தாலும், சரியாகத் திசைப் படுத்தாத பலகையில், பிழை முக்கோணம் வரலாம் அல்லது இரண்டு இணைகோடுகளாகவும் மூன்றுவது அக்கோடுகளை வெட்டு மாறும் வரலாம். இத்தகைய நிலைமைகளில் *t* புள்ளியின் பிடிபாடு, *A*,*B*,*C*,*T* நிலையங்களின் ஒப்பமைவைப் பொருத்ததாகும். அப் புள்ளி எவ்வளவு சரியாகப் பிடிபடுகிறது என்பதைப் பிடிபடுதிறன் என்பர்.

(அ) நடுப்புள்ளி *B* மற்றவைகளைவிட மிக அருகிலிருக்கும் போதும்,

(ஆ) *T* நிலையம், *ABC* முக்கோணத்தின் உள்ளே இருக்கும் போதும்,

(இ) இரண்டு நிலையங்கள் அருகருகே இல்லாதபோது, *t* யில் அவற்றின் இடைக்கோணம் மற்றதைவிட மிகச் சிறியதாக இல்லாதபோதும்,

பிடிபடுதிறன் தேவலை (தாழ்வில்லை) சரியானது என்பர்.

(க) *T*, பெருவட்டத்தின் அருகில் இருக்கும்போதும்,

(கா) *t* யில் இரண்டு படுகோணங்களும் மிகமிகச் சிறியதாக இருக்கும்போதும் பிடிபடுதிறன் நன்றன்று என்பர்.

சமதள மேசையின் நன்மைகள்

1. சிறிய அளவு நிலப்படங்களுக்கு இது மிகவும் நன்று.

2. அளக்கையும் வரைவதும் ஒரே சமயத்தில் முடிந்துவிடுவதால் களச்சுவடி குறிப்புகள் தேவையில்லை. சுவடியில் தவறுகக் குறித்துக்கொள்வதால் ஏற்படும் பிழைகள் தவிர்க்கப்படுகின்றன.

3. இது மிகவும் சீக்கிரம் முடிந்துவிடுகிறது.

4. அளவையாளர் அவ்வப்போது சுற்றுப்புறத்தைப் பார்த்துக்கொண்டே வரைவதால் பிழை நேரும் வாய்ப்புகள் குறைவு. ஒப்பிட்டு நேரடியாகத் திருத்திக் கொள்ளலாம்.

5. எந்த முக்கியமான அளவுகளும் விடுபட்டுப்போகாது.

6. அளவுகளிலும் வரைவதிலும் ஏற்படும் பிழைகளை, அப்போதே உறுதிக்கோடுகள் அமைத்து, அவற்றை அளந்து திருத்திக்கொள்ளலாம்.

7. அளக்கைக் களம் பார்வையிலேயே இருப்பதால் ஒருயரக் கோடுகளும், ஒழுங்கற்ற உருவங்களும் மிகத் தெளிவாக வரைய இயலும்.

8. குறிப்பாக இடத்தகக் காந்த ஈர்ப்பு உள்ள இடங்களில், காந்த வட்டை அளக்கையை நம்ப முடியாதாகையால் இது மிகவும் ஏற்றது.

9. தியோடலைட் அளக்கையைவிட செலவு குறைவு.

10. ஓரளவு தெரிந்தவர்கள்கூட எளிதாகச் செய்யமுடியும் நுண்ணறிவாளர் தேவையில்லை.

சமதள மேசையின் தீமைகள்

1. வரண்ட பகுதிகளுக்கே இது பொருந்தும்.

2. ஈர வானிலை நாட்களில் பயன்படாது.

3. எடுத்துச்செல்ல எளிதானதல்ல; கனமானது; தொல்லை மிகுந்தது.

4. துணைக்கருவிகள் பல எடுத்துச்செல்ல வேண்டியுள்ளதால் அவை தொலைந்துவிட வாய்ப்புகள் அதிகம்.

5. துல்லியமான வேலைகளுக்கு ஏற்றதல்ல.

6. அளக்கையை வேறு வரைவளவிற்கு மாற்றவேண்டுமென்றுலோ, பரப்பளவு காணவேண்டுமென்றுலோ, களச் சுவடி குறிப்புகள் இல்லாமையால், அவை இயலாது.

சமதள மேசைக்கான சரியாக்கங்கள்

1. பலகையின் மேல் மட்டம் சமதளமாக இருக்கவேண்டும்.

பலகையின்மீது ஒரு மட்டக்கோல் (straight edge) அல்லது அளவுகோல் ஒன்றை வெவ்வேறு திசைகளில் வைத்துப்பார்க்க வேண்டும். மட்டக்கோல், பலகையின் மீது மட்டமாகப் படியாமல், ஏற்றத்தாழ்வாக இருந்தால், எல்லா மேடுகளும்

குறைந்து மட்டமாகும் வரை, மேல்மட்டத்தை இழைப்புளியால் இழைக்கவேண்டும். அல்லது உரைதாளால் தேய்த்து மட்டப் படுத்தவேண்டும்.

2. பலகைப் பரப்பு, மேசையின் செங்குத்து அச்சிற்கு செங் கோணத்தில், அதாவது சரியான கிடைமட்டமாக இருக்க வேண்டும்.

பலகையின்மேல் ஒரு ரசமட்டத்தைப் பல்வேறு திசைகளில் மாற்றி மாற்றி வைத்துக்கொண்டு, பலகையின் பந்து கிண்ண மூட்டைச் சரியான அளவில் திருப்பி கிடை மட்டப்படுத்த வேண்டும்.

3. நேர்க்கோலின் நம்போரம் (வரைவோரம்) நேர் கோடாகவே இருக்கவேண்டும்.

நேர்க்கோலின் நம்போரத்தை ஒட்டி ஒரு கோடு வரைந்து கொள்க. நேர்க்கோலை முனைக்கு முனை திருப்பி வைத்து இன்னொரு கோடு வரைக. இரண்டு கோடுகளும் ஒன்றன்மீது ஒன்று இடைவெளியில்லாமல் படிந்தால் நம்போரம் நேர்க் கோடாக இருக்கிறதென்று அறியலாம். அல்லாதபோது நம் போரத்தை அரத்தால் ராவி நேராக்கலாம்.

4. நேர்க்கோலின் மீது ரசமட்டம் ஏதாவது பொருத்தப் பட்டிருந்தால், ரசமட்டத்தின் அச்சு, நேர்க்கோலின் அடிமட்டத் திற்கு இணையாக இருக்கவேண்டும்.

நேர்க்கோலை பலகையின் மீது வைத்து, ரசமட்டத்தின் குமிழ் நடுவில் வருமாறு பலகையின் திருகுகளை சரியாக்குக. நம்போரத்தை ஒட்டி ஒரு கோடு வரைந்துகொள்க. நேர்க் கோலை அதே கோட்டில் முனைக்குமுனை திருப்பி வைத்தபின், ரச மட்டத்தின் குமிழ் நடுவிலேயே இருந்தால், ரசமட்டத்தில் பிழை இல்லை. ரசமட்டக்குமிழ் நடுவில் இல்லையாயின், அதில் பாதி தொலைவை பலகையின் அடித்திருகுகளைச் சரியாக்குவதன் மூலம் ஓடவிட்டு, மீதியை ரசமட்டத்தின் முனைத்திருகைச் சரியாக்கு வதன் மூலம் ஓடவிட வேண்டும். மீண்டும் ரசமட்டத்தைத் திருப்பி வைத்துச் சரியாக உள்ளதா எனக் கவனிக்கவேண்டும். இன்னும் பிழை இருந்தால் இதே போல மீண்டும் மீண்டும் செய்து ரசமட்டத்தைத் திருத்தவேண்டும்.

5. நேர்க்கோலில் பார்வைத் தகடுகளின் குதிரை முடிகள் நட்டமாக இருக்கவேண்டும்.

பலகையை மட்டப்படுத்திக்கொள்க. பலகைக்கு முன்னால் ஒரு தூக்குக் குண்டைக் கட்டித் தொங்கவிடுக. கீற்றுத் துளையும் குதிரை முடியும், நட்டமாகவும், நூலுக்கு இணையாகவும் உள்ளனவா எனக் காண்க. அவ்வாறு இல்லையாயின் பார்வைத் தகட்டின் அடியில் ராவி அல்லது சக்கை கொடுத்து நேராக்குக.

தொலைநோக்கி நேர்க்கோலாயின் கீழ்க்கண்ட சரியாக்கங்கள் தேவை :

1. தொலை நோக்கியின் பார்வைக்கோடு, அதன் கிடை அச்சிற்குச் செங்கோணத்தில் இருக்க வேண்டும். (தொலைநோக்கி பற்றிய முழு விவரம் அடுத்து வரும் மட்டகையியலில் விரிவாகக் காணலாம்.)

2. அதன் கிடைஅச்சு நேர்க்கோலின் அடிமட்டத்திற்கு இணையாக இருக்கவேண்டும்.

3. நேர்க்கோலின் நம்போரம், பார்வைக்கோடு அமையும் செங்குத்துச் சமதளத்தின் மீதோ, அல்லது அதற்கு இணையாகவோ இருக்க வேண்டும்.

4. தொலைநோக்கியின் ரசமட்டத்தின் குமிழ்க்கோடு பார்வைக்கோடுள்ள சமதளத்திற்கு இணையாக இருக்க வேண்டும்.

சமதளமேசை அளக்கையில் பிழைவரும் வழிகள்

1. பலகை கிடைமட்டமாக இல்லாதபோது,

2. மேசையைக் கருக்காக மையப்படுத்தாதபோது,

3. மேசையை சரியாகத் திசைப் படுத்தாதபோது,

இந்த வழியை அடைக்கவேண்டியது மிகவும் இன்றியமையாதது. திசைப்படுத்திய பின் ஏற்கனவே வரையப்பட்ட தெளிவான, சேய்மைப் பொருள்களில் எத்தனை பொருட்களைப் பார்க்க முடியுமோ அத்தனையும் நோக்கி, உறுதி செய்து கொள்ளலாம்.

4. கிடுக்கியை நன்றாக இடுக்காதிருந்தால், ஒரு நிலையத்தில் கதிர் வரைந்து கொண்டிருக்கும்போது, கிடுக்கி தளர்ந்து பலகை சுழலத் தொடங்கும்போது.

இவ்வாறு நேராமல் கவனமாக இருக்கவேண்டும். ஒரு நிலையத்தில் அளவுகள் முடிந்ததும், மீண்டும் ஒரு தடவை பலகை திசைப்படுத்தியபடி உள்ளதா என உறுதி செய்துகொள்வது நல்லது.

5. பொருள்களைக் கருக்காக நோக்காதபோது,

6. நேர்க்கோலின் நம்போரத்தை நிலையத்தைக் குறிக்கும் புள்ளியோடு ஒட்டி வைக்காதபோது,

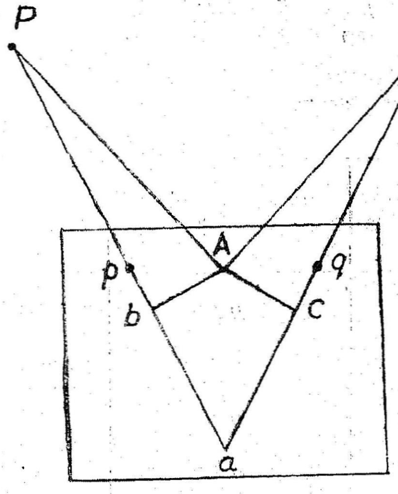
7. கதிர்களை நிலையப் புள்ளியின் ஊடே வரையாத போது,

8. வரைவதில் சரியாகக் கவனம் செலுத்தாதபோது,

9. வரைதாள் சுருங்கும்போது அல்லது விரிவடையும்போது.

பலகையைக் கருக்காக மையப்படுத்தாதபோது ஏற்படும் பிழைகள்

சமதள மேசைப் பலகையில், நிலையத்தைக் குறிக்கும் புள்ளியை அதற்கு நேர்மேலே குறிக்கவேண்டியது மிகவும் இன்றியமையாதது. மாறுகப் பலகையில் உள்ள புள்ளியை அந்த நிலையத்திற்கு நேர்மேலே இருக்குமாறு மையப்படுத்த வேண்டும். மையப்



படம் 166

படுத்துதலும் திசைப்படுத்துதலும் ஒரே சமயத்தில் செய்யப் படுவதால் பலமுறை முயன்று செய்யவேண்டியுள்ளது. அதற்கு மிகுந்த நேரம் செலவாகும். அவ்வளவு நேரம் செலவழிப்பது தேவைதானு என்றறிந்துகொள்ள. இதனல் ஏற்படும் பிழையின் தன்மையை அறிந்துகொள்வது நல்லது.

படத்தில் *A* என்ற நிலையத்தின்மீது, மேசை நிறுத்தப்பட்டுள்ளது. *A* யின் நிலை தவருக *a* என்ற இடத்தில் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. *PAQ* கோணத்திற்குப் பதிலாக *PaQ* கோணம்தான் வரைவினுல் கிடைக்கும். எனவே பிழை $\angle PAQ - \angle PaQ$ இது கோணப்பிழை ஆகும்.

$\angle APa = x$ ஆகவும் $\angle AQa = y$ ஆகவும் இருக்கட்டும். *A*யிலிருந்து *aP* கோட்டிற்குச் செங்குத்துக்கோடு வரைவோம். அது *Pa* கோட்டை *b*யில் வெட்டும், *A* யிலிருந்து *aQ* கோட்டிற்கு செங்குத்துக்கோடு வரைவோம். அது *aQ* கோட்டை *c* யில் முட்டும்.

$$\sin x = \frac{Ab}{AP}\ ; \quad \sin y = \frac{AC}{AQ}$$

அல்லது $\sin^{-1}\frac{Ab}{AP} = x\ ;\ \sin^{-1}\frac{AC}{AQ} = y$

கோணப்பிழை $\angle PAQ - \angle PaQ = x + y$

பலகையில் அகலம் 60 செமீ கட்டத்திற்கு மிகாததலால், பிழையின் நீளம் 30 செமீ க்கு மிகாது. பல்வேறு கோணப் பிழைகளுக்கேற்ப தூரப்பிழை எப்படியிருக்கும் என்று கீழ்க்கண்ட அட்டவணை விளக்குகிறது.

பார்வையின் அசல் தொலைவு மீட்டரில்	அல்லது யின் தொலைவு மீட்டரில்	அல்லது யின் மதிப்பு	கோணப் பிழை
30	0.30	34′ 30″	1° 9′
100	0.30	10′ 20″	20′ 40″
200	0.30	5′ 10″	10′ 20″
1000	0.30	1′ 2″	2′ 4″

கோணப் பிழையைவிட முக்கியமானது *p*,*q* ஆகியவற்றின் இடமாற்றம். *p* யின் அசல் நிலை p_1. இது *p*க்கு வலது பக்கம் இருக்கும். *q*யின் அசல் நிலை q_1. இது *q*க்கு இடது பக்கம் இருக்கும்.

p யின் இடமாற்றம் $= pp_1 = ap \times x$

q யின் இடமாற்றம் $= qq_1 = aq \times y$

வரைபடத்தின் துல்லியம் கெடாதிருக்க வேண்டுமானுல் பிழையின் பருமன், வரைபடத்தில் வரைய முடியாத அளவுக்கு நுண்ணியதாக இருக்கவேண்டும். இது முற்றிலும் படத்தின் வரைவளவைப் பொருத்ததாகும்.

படத்தின் வரைவளவு 1 செமீ $= n$ மீ என்றும் $Ab = e$ மீ என்றும் கொண்டால்

ap யின் வரைந்த தூரம் $= \frac{AP}{n}$ செமீ

aq யின் வரைந்த தூரம் $= \frac{AQ}{n}$ செமீ

p யின் அசல் இடமாற்றம் $pp_1 = \frac{AP}{n} \times x$

q யின் அசல் இடமாற்றம் $Qq_1 = \frac{AB}{n} \times y$

ஆனுல் x, y ஐ ரேடியனில் சொல்லும்போது.

$$x = \frac{e}{AP} \ \& \ y = \frac{e}{AQ}$$

$$\therefore PP_1 = \frac{AP}{n} \times \frac{e}{AP} = \frac{e}{n} \text{ செமீ}$$

$$\therefore qq_1 = \frac{AQ}{n} = \frac{e}{AQ} = \frac{e}{n} \text{ செமீ}$$

வரைவின் துல்லியம் 0. 025 செமீ ஆனுல்

$$\frac{e}{m} = \frac{1}{40} \text{ அல்லது } e = \frac{m}{40} \text{ அல்லது } m = 40\,e$$

எனவே 24 மீக்கு 1 செமீ வரை உள்ள வரைவளவுகளுக்கு பிழை எவ்வளவு இருந்தாலும் கவலை இல்லை. நிலையம் பலகையின் அடியில் இருந்தால் போதும். ஆனுல் அதைவிடப் பெரிய வரைவளவுகளுக்கு, நிலையப்புள்ளியைக் கவனமாகக் குறிக்கவேண்டும்.

கணக்கு

A என்ற நிலையத்தின் மீது சமதள மேசையை நிறுத்தியபோது, அந்த நிலையத்தைக் குறிக்கும் *a* புள்ளி *A* யின் நேர்மேலே அமையவில்லை. *P* என்ற புள்ளியை நோக்கி வரையப்பட்ட கதிர் (aP), *a* யிலிருந்து 20 செமீ தள்ளியிருப்பதாக வைத்துக்கொண்டு, *p* புள்ளியின் அமைவு, அதன் அசல் இடத்திலிருந்து எவ்வளவு தூரம் எனக் கீழ்வரும் நிலைகளில் கண்டுபிடிக்கவும்.

(அ) படத்தின் வரைவளவு 1 செமீ = 100 மீ
AP தொலைவு = 1500 மீ

(ஆ) படத்தின் சார்புப் பின்னம் $(RF) = \frac{1}{500}$
AP தொலைவு = 50 மீ

(இ) படத்தின் வரைவளவு 1 செமீ = 2 மீ
AP தொலைவு = 15 மீ

விடை

(அ) *p* யின் இடமாற்றம் = $ap \times$ திசையில் உள்ள பிழை

இதில் $ap = \frac{1500}{100}$

திசைப்பிழை $= \frac{0{\cdot}2}{1500}$ ரேடியன்

p யின் அசல் நிலையிலிருந்து இடமாற்றம்

$$= \frac{50 \times 100}{500} \times \frac{0{\cdot}2}{50} = 0{\cdot}002 \text{ செமீ}$$

(ஆ) *p* யின் இடமாற்றம்

$$= \frac{50 \times 100}{500} \times \frac{0{\cdot}2}{50} = 0{\cdot}04 \text{ செமீ}$$

(இ) *p* யின் இடமாற்றம்

$$= \frac{15}{2} \times \frac{0{\cdot}2}{15} = 0{\cdot}1 \text{ செமீ}$$

7. பரப்பளவு காணல்

காடு, கழனி, விளைநிலம், வீட்டுமனை போன்றவற்றின் பரப்பளவு அடிக்கடி தேவைப்படும். அளக்கையின் முதன்மையான தேவைகளில் பரப்பளவு காண்பதுவும் ஒன்றாகும்.

" பரப்பு " என்ற சொல் நிலத்தின் கிடைப்பரப்பையே குறிக்கும். சாய்வுகள், பள்ளங்கள், மேடுகளாலான தரை மேற் பரப்பைக் குறிக்காது.

விளைநிலம், கழனி, காடு போன்றவற்றை " எக்டேர் " என்ற அளவால் குறிக்கின்றோம். மெட்ரிக் முறை புழக்கத்திற்கு வருமுன் "ஏக்கர்" என்ற அளவைப் பயன்படுத்தி வந்தோம். வீட்டு நிலத்தை " மனை " (ground) என்ற சொல்லால் குறிக்கின்றோம். ஒரு மனை என்பது 2400 பரப்படி ஆகும்.

சிறிய பரப்புகளை " பரப்பு மீட்டர் " கொண்டு அளக்கிறோம். முன்னர் " பரப்படி " இருந்தது.

நிலங்களின் பரப்பளவை (1) அளக்கையின் பொழுது எடுத்த களக்குறிப்புகளைக் கொண்டும், (2) ஏற்கனவே வரையப்பட்ட வரை படத்திலிருந்தும் கண்டுபிடிக்கலாம். முன்னதில் அக்குறிப்புகளை வரைவளவாலும், வரைவதாலும் ஏற்படும் பிழைகள் கணக்கிற்கு வாரா.

I. களக்குறிப்பிலிருந்து பரப்பளவு கண்டுப்பிடித்தல்

அளக்கை செய்யும்போதே பரப்பளவுக்கேற்ப கோடுகளை அமைத்துக்கொண்டால், பின் கணக்கிடுதல் எளிது. முக்கோணங் களிலிருந்தால் அவற்றின் குத்துயரத்தை (altitude) அளந்து வைத்துக்கொள்ள வேண்டும். இணைகோடுகளிருந்தால் அவற்றின் இடைத்தூரத்தை அளந்து வைத்துக் கொள்ளவேண்டும். அளக்கைக் களத்தை பரப்பளவு காண்பதற்கு இரண்டு பகுதி களாகப் பிரித்துக்கொள்ளலாம். ஒன்று தெளிவான கோடுகளை

கொண்ட வடிவங்கள் இணைந்த சட்டகம். இரண்டாவது ஒழுங்கற்ற எல்லைப்பகுதி கொண்ட ஓரம் ஆகும்.

சட்டப்பகுதியின் பரப்பை அறிய (1) வடிவ கணித சமன்பாடுகளைப் பயன்படுத்தலாம்; (2) ஆயங்கள் முறையையும் பயன்படுத்தலாம்.

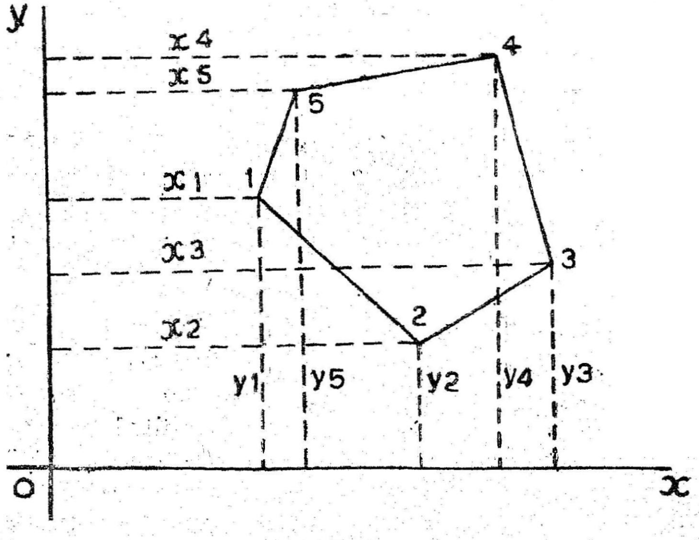
1. வடிவ கணித முறை: வடிவ கணிதத்தில் கிட்டதட்ட எல்லா வடிவங்களுக்கும் பரப்பளவுகளும் சமன்பாடுகளை அறிந்துள்ளோம். இங்கு அவற்றைப் பயன்படுத்தி பரப்பளவு அறிய வேண்டும். உருவங்களில் மிகவும் எளிதானது முக்கோணம். அதனாலேயே அளக்கையின் சட்டகம் பல முக்கோணங்களின் இணைப்பாகவே அமைக்கப்படுகிறது.

(i) பரப்பு ($\triangle$) $= \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$

இதில் a, b, c என்பன முக்கோணங்களின் மூன்று பக்கங்கள், $s = \frac{1}{2}(a+b+c)$ = மூன்று பக்கங்களின் கூட்டுத்தொகையில் பாதி.

(ii) பரப்பு ($\triangle$) $= \frac{1}{2} bh$, இதில் b என்பது முக்கோணத்தின் ஏதாவது ஒரு பக்கம். h = அந்தப்பக்கத்திலிருந்து எதிர் உச்சிக்கு உள்ள செங்குத்து உயரம்.

(அ) ஆயங்கள் முறை :



படம் 167

ஒழுங்கான வடிவம் உள்ள உருவத்தின் ஒவ்வொரு புள்ளிகளுக்கு x ஆயம், y ஆயம் கண்டுபிடித்துக்கொள்ள வேண்டும்.

1. உருவத்தின் நிலையங்களை வரிசைப்படுத்தி எண்கள் இட்டுக்கொள்ளவேண்டும்.

2. வரிசைப்படி, ஒவ்வொரு x ஆயத்தையும் (அல்லது y ஆயத்தையும்) அதற்கு முன்னும் பின்னும் உள்ள y ஆயங்களின் அல்லது x ஆயங்களின் வேறுபாட்டால் பெருக்கவேண்டும். வேறுபாடு காண்பதற்கு முன்னதிலிருந்து, பின்னதை எல்லா இடங்களிலும் கழிக்கவேண்டும் அல்லது பின்னதிலிருந்து முன்னதை எல்லா இடங்களிலும் கழிக்கவேண்டும். கூட்டல், கழித்தல் குறிகள் இங்கு மிகவும் முக்கியமானவை.

3. இவ்வாறு கிடைத்த பெருக்குத் தொகைகள் எல்லாவற்றையும் கூட்டுக. இது வடிவத்தின் இருமடங்குப் பரப்பளவைத் தரும்.

4. எனவே இதில் பாதி வடிவத்தின் பரப்பாகும்.

அதாவது பரப்பு $= \frac{1}{2} \{x_1 \ (y_2 - y_n) + x_2 \ (y_1 - y_3) + x_3 \ (y_2 + y_4) + \dots\dots\dots + x_n \, y_1 - (y_n - 1\}$

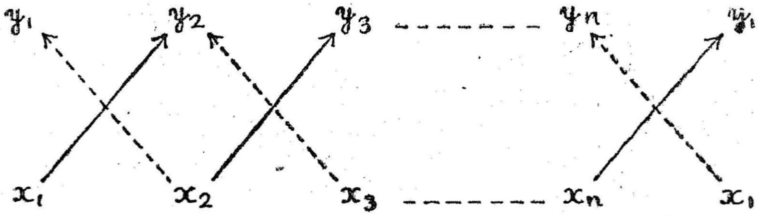
அல்லது பரப்பு $= \frac{1}{2} \{y_1 \ (x_2 - x_n) + y_2 \ (x_1 - x_3) + y_3 \ (x_2 - x_4) + \dots\dots + y_n (x_1 - x_n - 1)$

இவற்றில் $x_1, x_2, x_3 \dots\dots\dots\dots x_n = x$ ஆயங்கள்

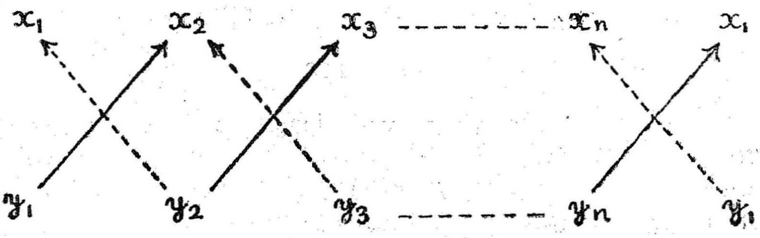
$y_1, y_2, y_3 \dots\dots\dots\dots y_n = y$ ஆயங்கள்

அல்லது

1. x, y ஆயங்களைப் பின்கண்டவாறு எழுதிக் கொள்க.



அல்லது



2. முழுக்கோடு காட்டும் எண்களின் பெருக்குத் தொகைகளின், கூட்டுத் தொகையையும் புள்ளிக்கோடு காட்டும் எண்களின் பெருக்குத்தொகைகளின் கூட்டுத்தொகையும் கண்டுகொள்க.

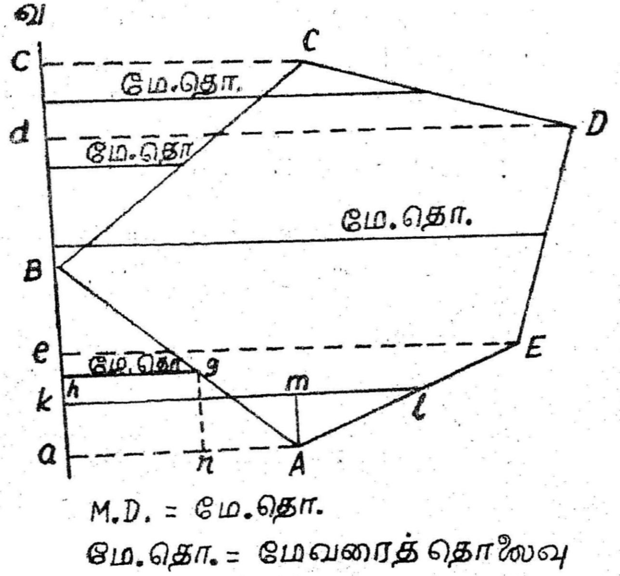
3. இவ்விரண்டு தொகைகளின் வேறுபாடு, வடிவத்தின் இருமடங்கு பரப்பளவைத் தரும்.

4. இதில் பாதி வடிவத்தின் பரப்பாகும்.

இதில் x_1, x_2, x_3 ...... x ஆயங்கள், அதாவது கிழமேற்கோடுகள்

y_1, y_2, y_3 .... y ஆயங்கள், அதாவது தென்வடல்கோடுகள்

(ஆ) நேர்வரை இருமேவரை நீளங்களால் பரப்பறிதல்



படம் 168

ஒரு கோட்டின் நிரைவரை (longitude அல்லது x ஆயம்) மேவரைத் தொலைவு என்றும் சொல்லப்படும். அந்தக் கோட்டின் மையப்புள்ளி மேவரை (y அச்சு)க்குச் செங்குத்தாக எவ்வளவு தொலைவு உள்ளது என்பதைக் குறிக்கும்.

இருமேவரைத் தொலைவு என்பது அக்கோட்டின் இரு முனைகளின் மேவரைவுத் தொலைவுகளின் கூட்டுத்தொகையாகும்.

இருமேவரைவுத் தொலைவு (இருநிரைவரை) கண்டுபிடிப்பதற்கான வழிகள் :

பலகரவடிவத்தின் மேற்குப்புள்ளி வழியாக மேவரை செல்வதாக எடுத்துக்கொள்ளலாம். (எடுத்துக் கொண்ட வரிசைப்படி; மேற்குப்புள்ளியில் நிரைவரை, மேற்கிலிருந்து கிழக்காகத் திரும்பும் அல்லது நேர்வரை தெற்கிலிருந்து வடக்காகத் திரும்பும்.)

கோடுகளை வரிசைப்படி எடுத்துக்கொள்ளும்போது அடையாளங்களைக் கணக்கில் எடுத்துக்கொள்ளவேண்டும்.

அப்போது இருமேவரைத் தொலைவு (இருநிரைவரை) காண்பதற்கான சட்டங்கள் :

1. முதல்கோட்டின் நிரைவரை (x ஆயத்தொலைவு)யே அதன் மேவரைத் தொலைவு ஆகும்.

2. அடுத்துள்ள கோடுகளின் இருமேவரைத் தொலைவு = அதற்கு முந்திய கோட்டின் இருமேவரைத் தொலைவு + முந்திய கோட்டின் நிரைவரை + அந்தக் கோட்டின் நிரைவரை.

3. கடைசிக் கோட்டின் இருமேவரைத் தொலைவு அந்தக் கோட்டின் நிரைவரைக்கு எண்ணால் சமமாகவும், அடையாளங்கள் மட்டும் மாறியும் இருக்கும்.

இருமேவரைவுத் தொலைவுகளிலிருந்து பரப்பு காண்பதற்கான சட்டங்கள் :

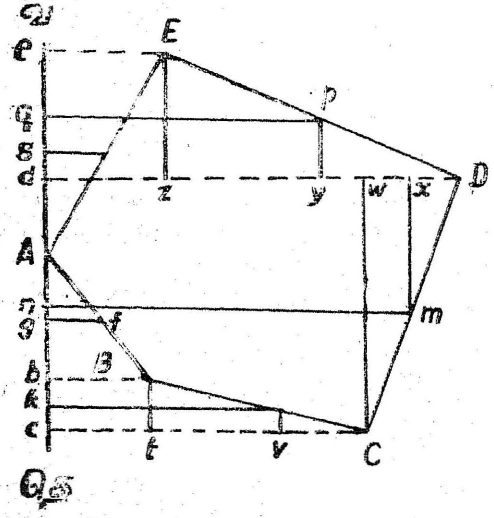
1. ஒவ்வொரு கோட்டின் நேர்வரையும், அதன் இரு மேவரைத் தொலைவால் பெருக்கிக்கொள்க.

2. இப்பெருக்குத் தொகைகளின் (அடையாளங்களுடன்) கூட்டுத்தொகையைக்கண்டு கொள்க. இது உருவத்தின் இரண்டு மடங்கு பரப்பைக் காட்டுகிறது.

3. இப்பரப்பை இரண்டால் வகுத்து உருவத்தின் பரப்பை அறிந்துகொள்க.

குறிப்பு: பரப்பு கழித்தல் அடையாளம் பெற்றிருந்தால், அந்த அடையாளத்திற்கு பொருளில்லை என்று தள்ளிவிடலாம்.

இருமேவரைத் தொலைவுகள் கண்டுபிடிப்பதற்கான சட்டங்களை நிரூபித்தல்:



படம் 169

படத்தில் காட்டியபடி AN என்ற மேவரையை மேற்குப்புள்ளி A வழியாக வரைந்துக்கொள்க. இதில்

Ag = AB யின் நிரைவரை

hk = BC யின் நிரைவரை

mn = CD யின் நிரைவரை

pq = DE யின் நிரைவரை

rs = EA யின் நிரைவரை

bB = AB யின் நிரைவரை

tC = $2_r C$ யின் நிரைவரை

WD = $2xD$ = CD யின் நிரைவரை

$2D$ = DE யின் நிரைவரை

eE = EA யின் நிரைவரை

1. $fg = \frac{1}{2}Bb$ அல்லது $2fB = Bb$

∴ BC யின் இருமேவரைத் தொலைவு $= AB$ யின் நிரைவரை

2. $hk = \frac{1}{2}(Bb + Cc)$ but $Cc = ct + tc$ & $ct = Bb$

∴ $hk = \frac{1}{2}Bb + \frac{1}{2}ct + \frac{1}{2}tc$ அல்லது

$2hk = Bb + ct + tc$

∴ BC யின் இருமேவரைத் தொலைவு

$=$ AB யின் இருமேவரைத் தொலைவு $+$ AB யின் நிரைவரை $+$ BC யின் நிரைவரை

3. $mn = \frac{1}{2}(Cc + Dd)$

$= \{(vc + vc) + (wD + wd)\}$

ஆனால் $vc = \frac{1}{2}hk$ & $wd = Cc = vC + vc$

∴ $mn = \frac{1}{2}(2hk + 2vc + wD)$

அல்லது $2mn = 2hk + 2vc + wD.$

∴ CD யின் இருமேவரைத் தொலைவு $= BC$ யின் இருமேவரைத் தொலைவு $+$ BC யின் நிரைவரை $+$ CD யின் நிரைவரை.

4. $pq = \frac{1}{2}(Dd + EC) = \frac{1}{2}(Dd + Dd - zD)$

அல்லது $2pq = 2mn + 2xD - zD$

∴ DE யின் இருமேவரைத் தொலைவு $= CD$ யின் இருமேவரைத் தொலைவு $+$ CD யின் நிரைவரை $+$ DE யின் நிரைவரை.

5. $rs = \frac{1}{2}Ec$ அல்லது $2rs = Ec$

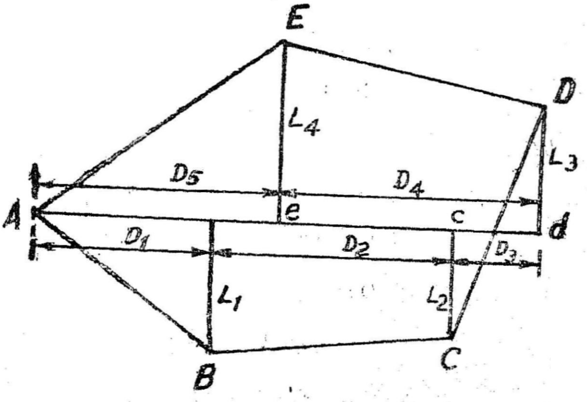
∴ EA யின் இருமேவரைத் தொலைவு

$=$ EA யின் நிரைவரை (அடையாளம் மாறிஇருக்கும்)

(இ) நிரைவரைகள் மொத்த நேர்வரையிலிருந்து பரப்பு கணித்தல் :

ஏதாவது ஒரு நிலையத்தை (புள்ளியை) அடையாள நிலையமாக எடுத்துக்கொண்டு அதிலிருந்து பிற கோடுகளின் மொத்த

நேர்வரைகளைக் கண்டுபிடித்துக்கொள்ளலாம். பின்னர் பின் கண்ட சட்டங்களின்படி பரப்பு அறியலாம். சட்டம் (i) ஒவ்வொரு புள்ளிக்கும் தனித்தனியே மொத்த நேர்வரை கண்டு கொள்க.



படம் 170

(ii) ஒரு புள்ளியில் சந்திக்கும் இருகோடுகளின் நிரைவரைகளின், அடையாளங்களுடன் கூட்டுத்தொகையை கண்டு கொள்க.

(iii) ஒவ்வொரு புள்ளியின் மொத்த நேர்வரையை, அப்புள்ளியில் கூடும் கோடுகளின் நிரைவரைகளின் கூட்டுத்தொகையால் பெருக்கிக்கொள்க.

(iv) இப்பெருக்குத் தொகைகளின், அடையாளங்களுடன் கூட்டுத்தொகையைக் கண்டுகொள்க. இது உருவத்தின் இருமடங்குபரப்பாகும்.

(v) இதில் பாதி உருவத்தின் பரப்பாகும்.

எடுத்துக்காட்டு

ஒரு நாற்கரத்தின் நேர்வரைகளும், நிரைவரைகளும் கீழே தரப்பட்டுள்ளன. அவற்றின் பரப்பு காண்க.

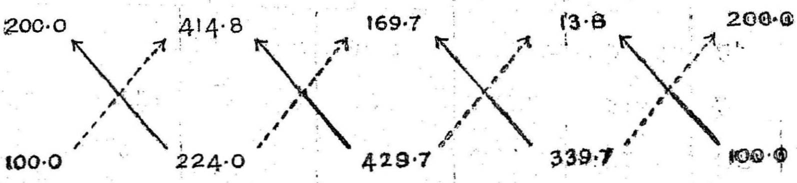
முதல் முறை (அ) ஆயங்கள் முறை: நிலையங்களை முதலில் தனித்த ஆயங்களாக மாற்றிக்கொள்ள வேண்டும். மேற்குப் புள்ளியான *A*யின் ஆயங்களை 200, 100 ஆக எடுத்துக்கொண்டுப்

கோடு	நேர்வரை மீட்டர்		நிரைவரை மீட்டர்	
	வ	தெ	கி	மே
AB	214.8		124·0	
BC		245·1	205·7	
CD		155·9		90·00
DA	186·2			239·7

பிற நிலையங்களின் தனித்த ஆயங்களைக் கண்டுபிடித்துக்கொள்ள வேண்டும்.

கோடு	நேர்வரை மீ	நிரை வரை மீ	நிலையம்	தனித்த நிலையங்கள்	
				வடக்கு *y*மீ	கிழக்கு *x*மீ
AB	+214·8	+124·8	*A*	200·0	100·0
BC	−245·1	+205 7	*B*	414·8	224·0
CD	−155·9	− 90·0	*C*	169·7	429·7
DA	+186·2	−289·7	*D*	13·8	339·7
			E	200·0	100 0

ஆயங்களை நிரல்பட எழுதிக் கொள்ளவேண்டும்.



$$\Sigma P = \{200\ (224{\cdot}0) + 414{\cdot}8\ (429{\cdot}7) + 169{\cdot}7\ (339{\cdot}7) + 13{\cdot}8\ (100{\cdot}0)\} = 282066{\cdot}45$$

$$\Sigma Q = \{100\,(414{\cdot}8) + 224{\cdot}0\,(169{\cdot}7) + 429{\cdot}7\,(13{\cdot}8) + 339{\cdot}7\,(200{\cdot}0)\} = 153362{\cdot}64$$

இருமடங்குப் பரப்பு $= \Sigma P - \Sigma Q = 282066{\cdot}45 - 153362{\cdot}64$

$= 128703{\cdot}81$

நாற்கரத்தின் பரப்பு $= 64{,}351{\cdot}91$

இரண்டாம் முறை (ஆ)

மேற்குப்புள்ளி *A* வழியாக மேவரை செல்வதாக வைத்துக் கொண்டு, கோடுகளின் இருமேவரைத் தொலைவுகளைக்கண்டு கொள்ளவேண்டும்.

AB யின் இருமேவரைத்தொலைவு $= 124{\cdot}0$

BC யின் இருமேவரைத்தொலைவு $= 124{\cdot}0 + 124{\cdot}0 + 205{\cdot}7$
$= 453{\cdot}7$

CD யின் இருமேவரைத்தொலைவு $= 453{\cdot}7 + 205{\cdot}7 - 90{\cdot}0$
$= 569.4$

DA யின் இருமேவரைத்தொலைவு $= 569{\cdot}4 - 90.0 - 239{\cdot}7$
$= 239{\cdot}7$

உறுதிப்பாடு : *DA* யின் இருமேவரைத்தொலைவு, அதன் நிரை வரையை எண்ணால் ஒத்தும், அடையாளம் மாறியும் உள்ளது. பின்கண்ட பட்டியல்படி கணக்கிடவேண்டும்.

கோடு	நேர்வரை	நிரை வரை	இரு மேவரைத் தொலைவு	இருமடங்கு பரப்பு (2 × 4)	
1	2	3	4	+5	−6
AB	+214·8	+124·0	124·0	26635·24	
BC	−245·1	+205·7	453·7		111201·10
CD	−155·9	− 90·0	469·4		88769·40
DA	+186·7	−239·7	239·7	44632·21	
			மொத்தம்	71267·45	199970·50

அடையாளங்களுடன் கூட்டுத்தொகை = 128703.5

நாற்கரத்தின் பரப்பு = $\frac{128703.5}{2}$ = 64351.75 *sq. b.*

மூன்றும் முறை (இ)

A நிலையத்திலிருந்து; பிற நிலையங்களின் மொத்த நேர்வரைகளைக் கண்டுகொள்ளவேண்டும்.

B யின் மொத்த நேர்வரை = $\Sigma\angle$ = +214·8

C யின் மொத்த நேர்வரை = $\Sigma\angle$ = +214·8 − 245·1
= − 30·3

D யின் மொத்த நேர்வரை = $\Sigma\angle$ = +214·8 − 245·8
− 155·9 = −186·2

A யின் மொத்த நேர்வரை = $\Sigma\angle$ = 214·8 − 254·1
− 155·9 + 186·2 = 0·0

பின் கண்ட பட்டியலின்படி கணக்கிட வேண்டும்.

கோடு 1	நேர்வரை 2	நிரைவரை 3	நிலையம் 4	மொத்த நேர்வரை 5	அடுத்துள்ள நிரைவரைகளின் அடையாளங்களுடனு கூட்டுத் தொகை 6	இருமடங்குப் பரப்பு 5 × 6 + 7	− 8
AB	+214·8	+124·0	*B*	+214·8	+329 7	70819·5	
BC	−245·1	+205·7	*C*	− 30·3	+115·7		3505·7
CD	−155·9	− 90·0	*D*	−186·2	−329·7	61390·1	
DA	+186·2	−239·7	*A*	0	− 115·7	—	0·0
					மொத்தம்	132209·6	3505·7

அடையாளத்துடனு கூட்டுத்தொகை 128703·9

நாற்கரத்தின் பரப்பு = $\frac{128703{\cdot}9}{2}$ = 64351·95

(b) ஓரப்பகுதியின் பரப்பு : ஒழுங்கற்ற ஓரப்பகுதிகளை பல பிரிவுகளாகப் பிரித்துக்கொண்டு, ஒவ்வொன்றையும் இணைகரமாகப் பாவித்துக்கொண்டு, அடுத்தடுத்துள்ள இரண்டு குத்தான்களின் கூட்டுத்தொகையில் பாதியை அவற்றில் இடைத்தூரத்தால் பெருக்கி அடையலாம்.

ஒரு கோட்டின் நீளப்பாடு $நீ_1$, $நீ_2$, $நீ_3$...........ஆகியவற்றை எடுத்தால் குத்தான்களின் $கு_1$, $கு_2$·$கு_3$ ....என்று இருக்கட்டும்.

$$\text{முதல் பிரிவின் குத்தான் சராசரி} = \frac{கு_1 + கு_2}{2}$$

$$\text{இடைத்தூரம்} = நீ_2 - நீ_1$$

$$\text{பரப்பு}(\Delta) = \frac{கு_1 + கு_2}{2} \times (நீ_2 - நீ_1)$$

இதேபோல் அடுத்தடுத்துள்ள பிரிவுகள் ஒவ்வொன்றின் பரப்பையும் கண்டுபிடித்துக் கூட்டிக்கொள்ளவேண்டும்.

II. வரைபடத்திலிருந்து பரப்பு கண்டுபிடித்தல்

இதற்கு (1) வரைவு முறைகளாலும், (2) கருவிகளாலும் பரப்பு அறியலாம்.

(1) வரைவுமுறை : வரைப்படத்திலிருந்தே, தேவைப்படும் அளவுகளை எடுத்துக்கொள்ளலாம். வரைபடத்தின் பரப்பை முழுதுமாகவோ, அல்லது சட்டகப்பகுதியையும், ஓரப்பகுதியையும் தனித்தனியாகப் பரப்பு அறிந்து கூட்டியுமோ கண்டுபிடிக்கலாம்.

(அ) முழுபரப்பு

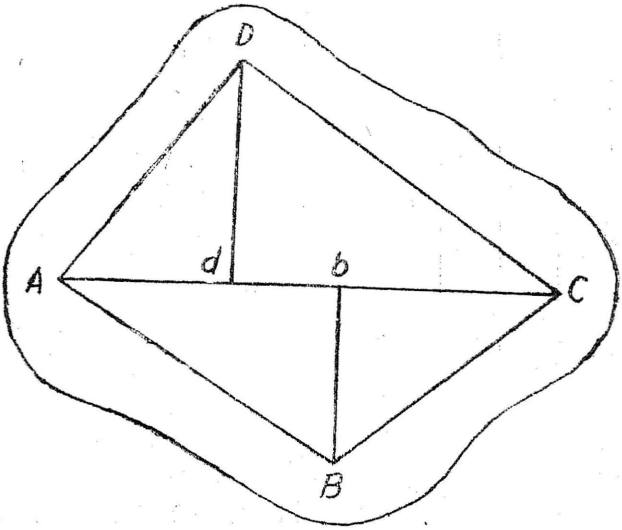
(i) முக்கோணங்களாகப் பகுத்துக் காணல்

முக்கோணம் எளிய உருவமாதலால் வரைபடத்தைப் பல முக்கோணங்களாகப் பகுத்துக்கொண்டு, அவற்றின் அடி நீளத்தையும் அதன்மேல் குத்துயரத்தையும் அளந்து அவற்றிலிருந்து பரப்பு காண்கிறோம். வளைவுகோடுகளை தோராயாமாக கொள்ளுமிடத்திற்கும், தள்ளுமிடத்தை ஓரளவு சமன்படுத்தி நேர்க்கோடாக எடுத்துக்கொள்கிறோம் (படங்கள் 171-172).

படத்தில் உள்ளதுபோல் வளைவுக்கோடுகளை நேர்க்கோடாகக் கருதிக்கொள்கிறோம்.

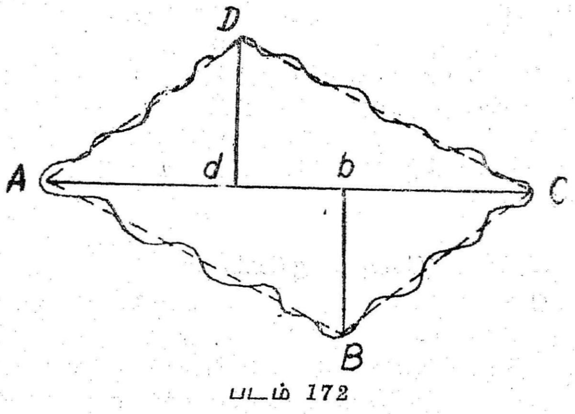
(ii) கட்டடங்களாகப் பிரித்துக் காணல்

ஒரு கண்ணாடி வரைதாளில், வரைவளவுக்கேற்ப ஒரு கட்டம் குறிப்பிட்ட பரப்புமீட்டர், அல்லது பரப்பு செமீ குறிக்குமாறு



படம் 171

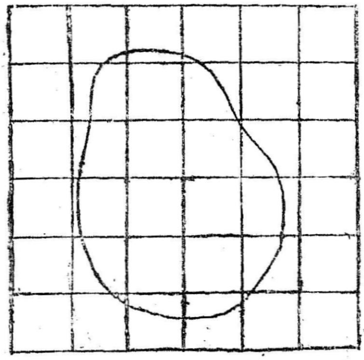
கட்டங்கள் வரைந்துகொண்டு அதை வரைபடத்தின் மீது வைக்கிறோம்.



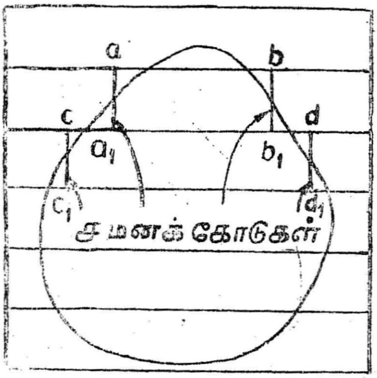
படம் 172

அதில் உள்ள முழுக்கட்டங்களை எண்ணிக்கொண்டு, வளை கோட்டால் வெட்டப்படும் கட்டங்களில் பாதிக்குமேல் உள்ளதை முழுதாக எண்ணிக்கொண்டு, பாதிக்குக்கீழ் உள்ளதை தள்ளி

விடுகிறோம். கிடைத்த எண்ணிக்கையை, ஒரு கட்டம் குறிக்கும் பரப்பு மீ அல்லது பரப்பு செமீ யால் பெருக்க, வரைபடத்தின் மொத்தப்பரப்பு கிடைக்கும் (படம் 173).



படம் 173



படம் 174

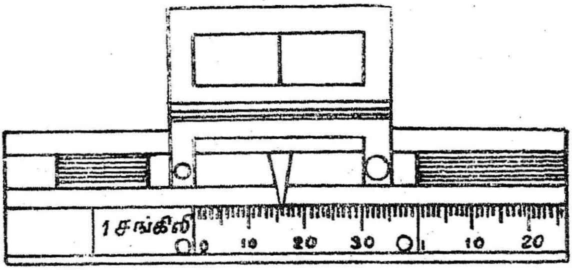
(iii) இணைகரங்களாகப் பகுத்துக் கோணல்

ஒரு கண்ணாடி வரைதாளில் சம இடைவெளியோடு பல இணை கோடுகள் வரைந்துகொள்கிறோம். இடைவெளி வரைவளவுப் படி சில முழு மீ அல்லது செமீயைக் குறிக்கும். அக்கண்ணாடித் தாளை பரப்பு காணவேண்டிய உருவத்தின்மீது வைத்தால், அந்த உருவம் பல பகுதிகளாகப் பிரிந்துவிடும். ஒவ்வொரு பகுதியும் இரண்டு இணைகோடுகளின் நடுவில் இருக்கும். அப்பிரிவின்மீது இருபக்கங்களிலும், கொள்ளும் பரப்பும் தள்ளும் பரப்பும் சமமாக இருக்குமாறு சமனக்கோடுகள் வரைந்துகொள்கிறோம். இப்போது ஒவ்வொரு துண்டும் ஒரு செவ்வகமாகிவிடுகின்றது. எல்லாச் செவ்வகங்களின் நீளங்களை ஒன்றாகக்கூட்டி இடை வெளியில் பெருக்கினால், உருவத்தின் முழுப்பரப்பு தெரியும் (படம் 174).

கணக்கிடுகோல் (Computing Scale)

பல கோடுகளின் கூட்டு நீளத்தை எளிதாக அறியும் கருவி கணக்கிடுகோல் ஆகும். இதில் ஓர் அளவுகோலும், அதில் செங் குத்தாக இணைக்கப்பட்ட கம்பியிழை ஒன்றுடன் கூடிய நகரி (cursor) ஒன்றும் இருக்கும். அளவுகோலின் முழு நீளத்திற்கும் இதை நகர்த்திக்கொண்டே போகலாம். கண்ணாடி வரைதாளில் சமனப்படுத்தும் கோடுகள் வரைவதற்குப்பதிலாக நகரியில் உள்ள கம்பியிழையையே மேல்வைத்துப் பார்த்துக்கொள்ளலாம்.

நகரியை கோலின் சுழியில் வைத்துக்கொண்டு கண்ணாடி வரை தாளில் உள்ள இணைகோடுகளில் முதல் பகுதியின் இடது ஓரத்தில் கோலில் சுழியை வைத்துக்கொள்ளலாம். நகரியின் கம்பியிழை முதல்பகுதியின் இடதுமுனையை சமனப்படுத்திக் கொண்டிருக்குமாறு அளவுகோலை வைக்கவேண்டும். பின் நகரியை நகர்த்தி அதே பகுதியின் வலதுமுனையில், கம்பியிழை சமனப்படுத்திக் கொண்டிருக்குமாறு வைக்கவேண்டும்.



கணக்கிடு கோல்

படம் 175

படத்தில் a, a விருந்து bb க்கு நகர்த்த வேண்டும். பின் மூலக்கோலை நகரியோடு எடுத்து, நகரியின் கம்பியிழை இரண்டாவது பகுதியின் இடதுமுனையைச் சமனப்படுத்துமாறு cc_1 இல் வைக்கவேண்டும். நகரியை மட்டும் நகர்த்தி வலது முனைக்குக் கொண்டுவந்து dd_1 இல் கம்பியிழை இருக்குமாறு வைக்கவேண்டும். இப்படியே எல்லாப் பகுதிகளிலும் செய்தால் துண்டுகளின் மொத்த நீளம் அளவுகோலில் தெரியும். அதை இடைவெளியால் பெருக்க, மொத்தப்பரப்புக் கிடைக்கும்.

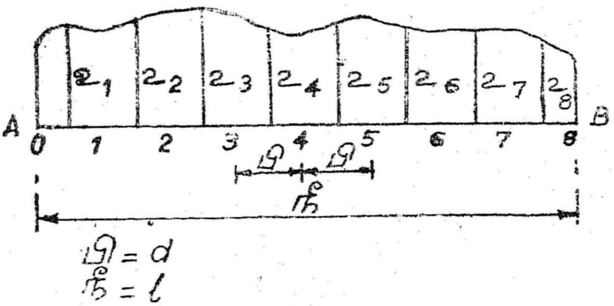
(ஆ) ஓரப்பரப்புக் காணல் : ஒழுங்கான அளக்கைக் கோட்டிற்கும், ஒழுங்கற்ற அதன் எல்லைக்கோட்டிற்கும் இடையிலுள்ள தூரங்களை அவற்றின் ஆயம் மூலம் கண்டுபிடிக்கலாம். வால்போல் அகலங் குறுகிய நீண்ட பகுதிக்கு இம்முறை நன்கு பொருந்தும். அடிக் கோட்டை பல சமபாகங்களாகப் பிரித்துக்கொண்டு, அதிலிருந்து ஆயங்களை வரைந்து அளந்து கொள்ளப்படுகிறது. ஆயங்களின் நீளத்திலிருந்து, பொதுச் சமதூரத்திலிருந்தும் பின் கண்ட விதி முறைகளில் பரப்பளவு காணலாம்.

(i) நடு ஆயச் சட்டம், (ii) சராசரி ஆயச் சட்டம்,

(iii) இணைகரச் சட்டம், (iv) சிம்சன் சட்டம்.

முதல் மூன்று சட்டங்களில், மேற்கோட்டை நேர்க்கோடாகக் கருதிக் கொள்கிறோம். சிம்சன் சட்டத்தில் மேற்கோடு பரவளைய (parabolic) மாகக் கருதப்படுகிறது. அதனால் இதை பரவளையச் சட்டம் என்று சொல்வதும் உண்டு.

(i) நடு ஆயச் சட்டம்



படம் 176

இந்த முறையில், அடிக்கோடு பல சமதூரங்களாகப் பிரித்துக் கொள்ளப்படுகிறது. ஒவ்வொரு பிரிவின் மையத்தில் ஆயம் வரைந்து அளக்கப்படுகிறது:

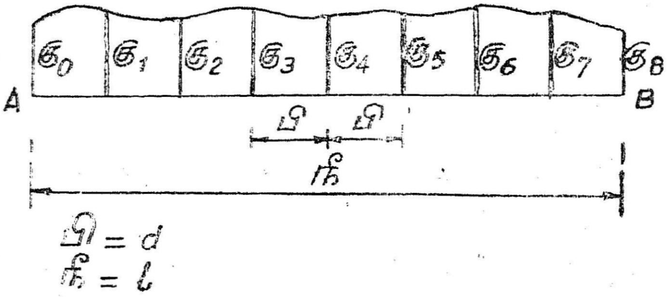
மொத்த நீளம் நீ என்றும், அது ஒவ்வொன்றும் பி அளவுள்ள எ சமபிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளதென்றும், ஒவ்வொரு பிரிவிலும் நடு ஆயம் $உ_1$, $உ_2$, $உ_3$, $உ_4$. .... $உ_{எ}$ என்றும் வைத்துக்கொண்டால்

$$பரப்பு\ (\Delta) = \frac{உ_1 + உ_2 + உ_3 \ldots\ldots\ldots\ldots உ_{எ}}{எ} \times l$$

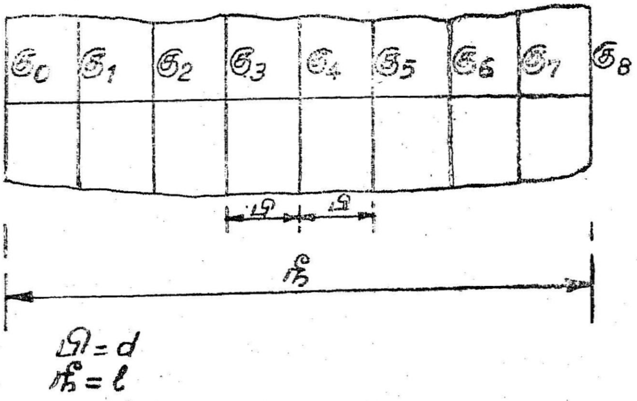
$$அல்லது \quad = (உ_1 + உ_2 + உ_3 + \ldots\ldots\ldots உ_{எ})\ பி$$

இதில் $\frac{நீ}{எ}$ = பி என்பது தெரிந்ததே.

(ii) சராசரி ஆயச் சட்டம் :



படம் 177a



படம் 177b

இதிலும் அடிக்கோடு பல பாகங்களாகப் பிரித்துக்கொள்ளப் படுகிறது. ஆனால் ஒவ்வொரு பிரிவுப் புள்ளியிலும் ஆயம் வரைந்து அவற்றின் சராசரியை அடிக்கோட்டின் நீளத்தால் பெருக்கி பரப்பு அறியப்படுகிறது.

$$\text{பரப்பு } (\Delta) = \frac{(\text{கு}_0 + \text{கு}_1 + \text{கு}_2 + \text{கு}_3 + \text{கு}_4 \cdots \cdots \text{கு}_\text{எ})\text{நீ}}{\text{எ} + 1}$$

இதில் நீ = அடிக்கோட்டின் நீளம்

எ = சமப் பிரிவுகளின் எண்ணம்.

கு_1 கு_2, கு_3, ...$\text{கு}_\text{எ}$ = ஆயங்களின் உயரங்கள்.

(iii) இணைகரச் சட்டம் : (படம் 177a & b) முதலிரண்டு விதிகளை விட இது சிறந்தது. இதில் ஒவ்வொரு பிரிவும் ஓர் இணைகரமாகக் கருதப்படுகிறது.

சட்டம் : ''முதல் இறுதி ஆயங்களோடு இடை ஆயங்களின் இரு மடங்கைக் கூட்டிக்கொள்க. இதை ஆயங்களின் இடையிலுள்ள பொதுச் சமதூரத்தால் பெருக்குக. இப்பெருக்குத் தொகையில் பாதியே உருவத்தின் பரப்பாகும்.''

பரப்பு (△)

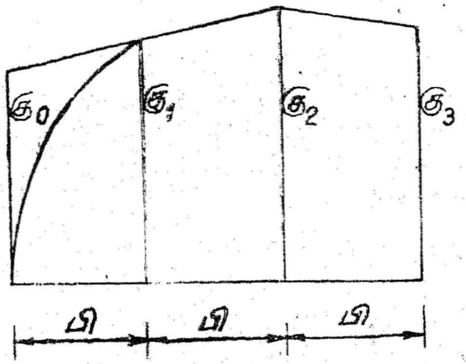
$$= \left\{ \frac{கு_0 + 2கு_1 + 2கு_2 + 2கு_3 \ldots\ldots 2கு_{எ} - 1 + 2கு_{எ}}{2} \right\} \frac{நீ}{எ}$$

$$= \frac{பி}{2} \left\{ \frac{கு_0 + 2கு_1 + 2கு_2 + \ldots\ldots + \ldots\ldots + 2கு_{எ}1-1 + 2கு_{எ}}{2} \right\}$$

$$= பி \left\{ \frac{கு_0 + கு_{எ}}{2} + கு_1 + கு_2 + \ldots + கு_{எ-1} \right\}$$

குறிப்பு : $கு_0$, $கு_{எ}$ ஆகிய முதல், இறுதி ஆயங்கள் அடிக் கோட்டிலிருந்து தொடங்கினால் அவற்றின் மதிப்பு சுழியாக இருக்கும். அப்போதும் அவற்றைச் சமன்பாட்டில் சேர்த்துக் கொள்ளவேண்டும்.

சமன்பாடு வந்த வகை : இணைகர விதியில் எல்லைக்கோட்டை பிரிவுகளுக்கிடையில் நேர்க்கோடாகக் கருதிக்கொள்கிறோம்.



படம் 178

அடிக்கோட்டிற்கும், எல்லைக்கோட்டிற்கும் இடைப்பட்ட பகுதியை பல இணைகரங்களாகப் பிரித்துக்கொள்கிறோம்.

படத்தில் கு$_0$, கு$_1$, கு$_2$, கு$_3$ ………. ஆகியவை சமதூரத்தில் வரையப்பட்ட ஆயங்கள்

பி = சமபிரிவுகளாக பிரிக்கப்பட்ட பிரிவு தூரம்.

இணைகரத்தின் பரப்பு = இணைகோடுகளின் கூட்டுத் தொகையில் பாதி × அவற்றிற்கிடையிலுள்ள செங்குத்துயரம்

∴ முதல் இணைகரத்தின் பரப்பு $= \frac{கு_0 + கு_1}{2} \times பி$

2ம் இணைகரத்தின் பரப்பு $= \frac{கு_1 + கு_2}{2} \times பி$

3ம் இணைகரத்தின் பரப்பு $= \frac{கு_2 + கு_3}{2} \times பி$

கடைசி இணைகரத்தின் பரப்பு $= \frac{கு_{எ-1} + கு_எ}{2} \times பி$

இவற்றைக் கூட்டினால் மொத்தப்பரப்பு கிடைக்கும்.

$$மொத்தப்பரப்பு = \frac{பி}{2}\{ கு_0 + 2கு_1 + 2கு_2 + \ldots\ldots 2கு_{எ-1} + கு_எ\}$$

$$அல்லது = பி \left\{ \frac{கு_0 + கு_எ}{2} + கு_1 + கு_2 + கு_{எ-1} \right\}$$

(iv) சிம்சன் சட்டம் (படம் 176 & 177)

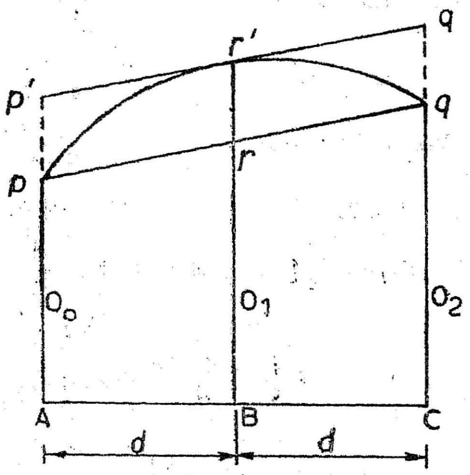
"முதல், இறுதி ஆயங்களோடு எஞ்சியுள்ள ஒத்தைப்படை ஆயங்களின் இருமடங்கையும், இரட்டைப்படை ஆயங்களின் நான்கு மடங்கையும் கூட்டிக்கொள்க. இத்தொகையை சமபிரிவு தூரத்தால் பெருக்கி, மூன்றால் வகுத்துக்கொள்க."

$$பரப்பு (\triangle = \frac{பி}{3}\{கு_0 + 4கு_1 + 2கு_2 + 4கு_3 + \ldots\ldots + 2கு_{எ-2} + கு_{எ-1} + கு_எ \}$$

குறிப்பு: (1) கு$_1$, கு$_2$ கு$_3$ முறையிலிருந்து இரண்டாவது, நான்காவது, ஆறாவது ஆயங்கள் இரட்டைப்படை ஆயங்கள் கு$_2$, கு$_4$, கு$_6$ முறையிலிருந்து மூன்றாவது, ஐந்தாவது, ஏழாவது ஆயங்கள் ஒத்தைப்பட ஆயங்கள் ஆகும்.

(2) அடிப்படைக் கோட்டை இரட்டைப்படை எண்ணமுள்ள சமப்பிரிவுகளாகப் பிரிக்க வேண்டியது இன்றியமையாததாகும். ஏதாவது ஓர் உருவத்தில் ஒற்றைப்படை எண்ணமுள்ள சமபிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்பட்டால், கடைசிப் பிரிவின் பரப்பைத் தனியாகக் கண்டுபிடித்துக்கொண்டு, மீதியை மட்டும் சிம்சன் விதிப்படி கண்டுபிடித்து இரண்டையும் கூட்டிக்கொள்ள வேண்டும்.

(3) முதல், இறுதி ஆயங்கள் சுழியாக இருந்தால் கூட அவற்றில் சமன்பாட்டில் எடுத்துக்கொள்ளவேண்டும்; தள்ளி விடக்கூடாது.



படம் 179

சமன்பாடு வந்த வகை: சிம்சன் விதியில் எல்லைக்கோடு, நேர்க்கோடாக இல்லாமல் பரவளையமாக இருப்பதாகக் கருதிக் கொள்கிறோம்.

படத்தில் முதல் இரண்டு பிரிவுகளை எடுத்துக்கொண்டுள்ளோம். இதில் $Apr'qCB$ என்பது வேண்டிய பரப்பாகும். pq யை இணைத்தால், அது Br' ஐ xr இல் வெட்டும். pq க்கு இணையாக r' வழியாக q' கோடு வரைந்துகொள்க. Ap ஐ p' வரையிலும் cq வை q' வரையிலும் நீட்டிக்கொள்க.

$Apr'qC$ பரப்பு $=$ $Apqc$ இணைகரத்தின் பரப்பு $+$ $pr'q$ பரவளையம் pq நாண் இவற்றிற்கிடையேயுள்ள வட்டப் பகுதி $pr'qrp$ யின் பரப்பு

$Apqc$ இணைகரத்தின் பரப்பு $= \frac{Ap+Cq}{2} \times AC = \frac{கு_0+கு_2}{2} \times 2d$

$pr'qrp$ வட்டப்பகுதியின் பரப்பு $= \frac{2}{3} \times$ சுற்றியுள்ள $pp'q'q$ இணைகரத்தின் பரப்பு

$$= \frac{2}{3} \times rr' \times AC$$

இதில் $rr' = Br' - Br = கு_1 - \frac{(கு_0 + கு_2)}{2}$

$$AC = 2d$$

$\therefore$ தேவைப்படும் பரப்பு $= \frac{கு_1 + கு_2}{2} \times 2d + \frac{2}{3}$

$$\left\{ கு_1 \frac{-கு_0 + கு_2}{2} \right\} \times 2d$$

$$= \frac{பி}{3} (கு_0 + 4கு_1 + கு_2)$$

இதைப்போலவே அடுத்த இருதுண்டுகளின் பரப்பு :

$$= \frac{பி}{3} (கு_2 + 4கு_3 + கு_4)$$

எனத்தொடரும்.

இவைகளைத் தொடர்ச்சியாகக் கூட்ட, மொத்தப்பரப்பு கிடைக்கும்.

$$\text{மொத்தப்பரப்பு } (\triangle) = \frac{பி}{3} \{கு_0 + 4கு_1 + 2கு_2 + 4கு_3 + \ldots + 2கு_{எ-2} + 4கு_{எ-1} + கு_எ\}$$

மேற்கண்ட விதிகளின் ஒப்புமை : சிம்சன் விதியில் எல்லைக் கோட்டின் வளைவு கணக்கில் எடுத்துக்கொள்ளப்படுவதால், மற்ற மூன்று விதிகளைவிட துல்லியம் மிகுந்தது. எனவே துல்லியமான அளக்கைகளுக்கு சிம்சன் விதியே சிறந்தது. எல்லைக்கோடு வெளி வளைவு (concave) உள்ள உருவத்தில் சிம்சன் விதியால் கிடைக்கும் பரப்பு மற்றவற்றைவிட அதிகமாகவும், உள்வளைவு (convex) உள்ள உருவத்தில் குறைவாகவும் இருக்கும்.

இணைகரவிதிக்கும், சிம்சன் விதிக்கும் அடிக்கோட்டில் சமநீளப் பகுதிகளாகப் பிரிக்கவேண்டும். அவ்வாறு சமதூரமாக பிரிக்க முடியாத கோட்டை இரண்டு, மூன்று பெரும் பகுதியாகப்

பிரித்துக்கொண்டு, ஒவ்வொன்றிலும் சமதூரப்பகுதிகளாகப் பிரித்துத் தனித்தனியாகப் பரப்பு கண்டுபிடித்துக் கூட்டிக் கொள்ளவேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டு : ஓர் ஒழுங்கற்ற எல்லைக்கோட்டிற்கு, அளக்கைக் கோட்டிலிருந்து 3மீ இடைவெளியில் குத்தான்கள் எடுக்கப்பட்டன. 2.16, 1.53 1.80, 1.98, 1.80, 1.59, 1.80, 2.10, 2.52, 2.43, 2.40, 2.58, 2.70, 2.91, 3.06மீட்டர்.

(அ) சிம்சன் சட்டம், (ஆ) இணைகரச்சட்டம், (இ) சராசரி ஆயச்சட்டம் ஆகிய முறைகளில் பரப்பு கண்டுபிடி.

பி = இடைவெளி = 3மீ

(அ) சிம்சன சட்டப்படி

$$\Delta = \frac{பி}{3}\{கு_0 + 4கு_1 + 2கு_2 + 4கு_3 + \ldots\ldots + 2\,கு_{எ-2} + 4\,கு_{எ-1} + கு_எ)$$

$$= \frac{3}{3}\{2{\cdot}16+4(1{\cdot}53+1{\cdot}98+1{\cdot}59+2{\cdot}10+2{\cdot}43+2{\cdot}58+2{\cdot}91)+2(1{\cdot}80+1{\cdot}80+1{\cdot}80+2{\cdot}52+2{\cdot}40+2{\cdot}70)+3{\cdot}06\}$$

$$= 91{\cdot}74$$

(ஆ) இணைகரச் சட்டத்தின்படி :

$$\Delta = பி\left\{\frac{கு_0 + கு_எ}{2} + கு_1 + கு_2 + கு_3 + \ldots\ldots கு_{எ-1}\right\}$$

$$= \frac{2{\cdot}16 + 3{\cdot}06}{2} + 1{\cdot}53 + 1{\cdot}80 + 1{\cdot}98 + 1{\cdot}80 + 1{\cdot}59$$

$$+ 1{\cdot}80+2{\cdot}10+2{\cdot}52+2{\cdot}43+2{\cdot}40+2{\cdot}58+2{\cdot}70+2{\cdot}91\}$$

$$= 92{\cdot}19$$

(இ) சராசரி ஆயச் சட்டத்தின்படி

$$\Delta = நீ \times \frac{(கு_0 + கு_1 + கு_2 + கு_3 + \ldots\ldots கு_எ)}{எ + 1}$$

$$= \frac{14 \times 3}{15} \times (2{\cdot}16 + 1{\cdot}53 + 1{\cdot}80 + 1{\cdot}98 + 1{\cdot}80 + 1{\cdot}59 + 1{\cdot}80 + 2{\cdot}10 + 2{\cdot}52 + 2{\cdot}43 + 2{\cdot}43 + 2{\cdot}40 + 2{\cdot}58 + 2{\cdot}70 + 2{\cdot}91 + 3{\cdot}06)$$

$$= 85{\cdot}23$$

எடுத்துக்காட்டு 2

ஓர் அளக்கைக் கோட்டிலிருந்து வேலிக்கு பின்கண்டவாறு குத்தான்கள் எடுக்கப்பட்டன.

நீளப்பாடு (மீ)	0	6	12	18	24	36	48
குத்தான் (மீ)	3·60	3·00	2·40	1·80	1·20	1 50	2·10
	60	72	81	90			
	2·40	3·00	3·30	3·90			

வேலிக்கும் அளக்கைக் கோட்டிற்கும் இடையிலுள்ள பரப்பைக் கண்டுபிடி.

நீளப்பாட்டை ஆராய்ந்தால் 24மீ வரை 6மீ இடைவெளியிலும், 72மீ வரை 12மீ இடைவெளியிலும், எஞ்சியவை 9மீ இடைவெளியிலும் குத்தான்கள் எடுக்கப்பட்டுள்ளன. எனவே மொத்த நீளத்தை மூன்றாகப் பிரித்துக்கொண்டு, ஒவ்வொரு பிரிவின் பரப்பையும் தனித்தனியே கண்டுப்பிடித்துக் கூட்டிக் கொள்ளவேண்டும்.

1. சிம்சன் விதிப்படி :

$$\triangle_1 = \frac{6}{3}\{3{\cdot}60 + 4(3{\cdot}00 + 1{\cdot}80) + 2(2{\cdot}40) + 1{\cdot}20\}$$

$$= 57{\cdot}60$$

$$\triangle_2 = \frac{12}{3}\{1{\cdot}20 + 4(1{\cdot}50 + 2{\cdot}40) + 2(2{\cdot}10) + 3{\cdot}00\}$$

$$= 96{\cdot}00$$

$$\triangle_3 = \frac{9}{3}\{3{\cdot}00 + 4(3{\cdot}30) + 3{\cdot}90\}$$

$$= 60{\cdot}30$$

மொத்தப்பரப்பு $= \triangle_1 + \triangle_2 + \triangle_3 = 57.60 + 96.00 + 60.30$

$$= 214.90$$

2. இணைகர விதியின்படி :

$$\triangle_1 = 6 \left\{ \frac{3\cdot60 + 1\cdot20}{2} + 3\cdot00 + 2\cdot40 + 1\cdot80 \right\}$$

$$= 57\cdot60$$

$$\triangle_2 = 12 \left\{ \frac{1.20 + 3.00}{2} + 150 + 2.10 + 2.40 \right\}$$

$$= 97.2$$

$$\triangle_3 = 9 \left\{ \frac{3.00 + 3.90}{2} + 3.30 \right\}$$

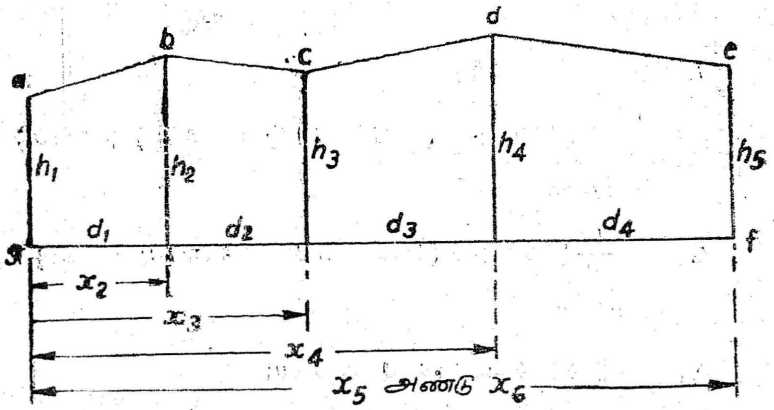
$$= 60.75$$

மொத்தப்பரப்பு $= \triangle_1 + \triangle_2 + \triangle_3 = 57.60 + 97.2 + 60\cdot75$

$$= 215.55$$

VII ஒழுங்கற்ற இடைவெளியில் குத்தான்கள்

அளக்கை கோட்டை ஒட்டியுள்ள ஓரத்தில் எல்லைக்கோட்டில் வளைவு மிதமாக இருந்தால், வளைவு தூரத்திற்கேற்ப அளக்கை கோட்டிலிருந்து குத்தான் எடுக்கலாம். அக்குத்தான்களின் இடைவெளி சமமாக இருக்கவேண்டியதில்லை. பெரும்பாலும் ஒழுங்கற்றதாகவே இருக்கும். அத்தகைய உருவங்களுக்கு இரண்டு முறையில் பரப்பளவு காணலாம்.



படம் 180

முதல்முறை : இதில் ஒவ்வொரு பிரிவும் தனித்தனி இணைகரங்களாகக் கருதப்பட்டு, அவற்றின் குத்துயரச் சராசரியை

அடி நீளத்துடன் பெருக்கிப் பரப்பளவு கண்டுபிடித்துக் கூட்டிக் கொள்ளப்படுகிறது.

படத்தில் கு$_1$, கு$_2$, கு$_3$............ முதலியவை குத்துயரங்களாகவும், பி$_1$, பி$_2$, பி$_3$ .... முதலியன பிரிவு இடைவெளிகளாகவும் இருக்கட்டும்.

$$\text{மொத்தப் பரப்பு } \Delta = \left\{ \frac{\text{பி}_1}{2} = (\text{கு}_1 + \text{கு}_2) + \frac{\text{பி}_2}{2} (\text{கு}_2 + \text{கு}_3) + \frac{\text{பி}_3}{2} (\text{கு}_3 + \text{கு}_4) + \frac{\text{பி}_4}{2} (\text{கு}_4 + \text{கு}_5) \right\}$$

இரண்டாம் முறை : இந்த அத்தியாயத்தின் தொடக்கத்தில் விளக்கியபடி, எல்லாப்புள்ளிகளின் கூட்டாயங்களையும் கண்டுப் பிடித்து அவற்றிலிருந்து பரப்பளவு காணலாம்.

புள்ளி	கூட்டாயங்கள்	
	x	y
a	x_1	கு$_1$
b	x_2	கு$_2$
c	x_3	கு$_3$
d	x_4	கு$_4$
e	x_5	கு$_5$
f	x_6	கு$_6$
g	x_7	கு$_7$

இணைப்பாயங்களை பின்கண்டவாறு எழுதிக்கொள்க.

$$\Sigma P = கு_1 x_1 + கு_2 x_3 + கு_3 x_4 + கு_4 x_5 + கு_5 x_6 + கு_6 x_7 + கு_7 x$$

$$\Sigma Q = கு_2 x_1 + கு_3 x_2 + கு_4 x_3 + கு_5 x_4 + கு_6 x_5 + கு_7 x_6 + கு_1 x_7$$

$$\Delta = \frac{1}{2}(\Sigma P - \Sigma Q)$$

குறிப்பு : இதில் $கு_8$, $கு_7$, x_7 ஆகியவை சுழி என்பது படத்தைப் பார்த்தாலே தெரியும்.

எடுத்துக்காட்டு :

ஓர் அளக்கை கோட்டிலிருந்து இட்டேரி ஒன்றிற்கு ஒழுங்கற்ற இடைவெளியில் பின்கண்டவாறு குத்தான்கள் எடுக்கப்பட்டன.

நீளப்பாடு	0	60	128	160	240	319.2 மீ
குத்தான்	0	40	2.4	3.2	4.8	0 மீ

அளக்கைக் கோட்டிற்கும் இட்டேரிக்கும் இடையில் உள்ள பரப்பு கண்டுபிடிக்க.

$$\text{முதல் முறை } \Delta = \left\{\frac{பி_1}{2}(கு_1+கு_2) + \frac{பி_2}{2}(கு_2+கு_3) + \ldots\ldots\right\}$$

$$\Delta = \frac{60}{2} \times (4.0 + 0) + \frac{68}{2}(4.0 + 2.4)$$

$$+ \frac{32}{2}(2.4 + 3.2) + \frac{80}{2}(3.2 + 4.8)$$

$$+ \frac{79.2}{2}(4.8 + 0)\}$$

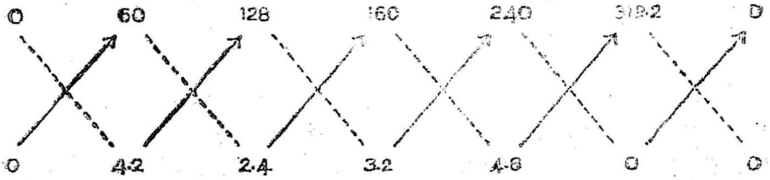
$$= 842.24 \text{ பரப்பு மீட்டர்}$$

இரண்டாம் முறை :

புள்ளிகளின் இணைப்பாயங்கள் வருமாறு.

	x	y
a	0	0
b	60	4.2
c	128	2.4
d	160	3.2
e	240	4 8
f	319.2	0

இவற்றை நிரல்பட எழுதிக்கொள்வோம்.



$$\Sigma P = 0 + (4.2 \times 128) + (2.4 \times 160) + (3.2 \times 240) + 4.8 \times 319.2) + 0 = 3221.76$$

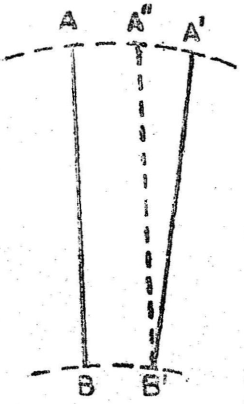
$$\Sigma Q = 0 + (60 \times 24) + (128 \times 3.2) + (160 + 4.8) + 0 + 0 = 1321.60$$

$$\Sigma P - \Sigma Q = 3221.76 - 1321.60 = 1900.16$$

$$\text{பரப்பு} = \frac{\Sigma P - \Sigma Q}{2} = \frac{1900.16}{2} = 950.08$$

கருவிகள் மூலம் பரப்பறிதல்

பரப்பறியப் பயன்படும் கருவியை பரப்பளவி (planimeter) என்கிறோம்; வரைபடத்தின் பரப்பைத் தொகுத்துக் கூறும் எந்திர அமைப்புக்கொண்டது. பலவகைக் கருவிகள் இருந்த போதிலும் அவற்றின் பொதுவான அம்சம், கருவியின் ஒரு முனை அளக்கவேண்டிய பரப்பின் ஓரத்தில் சுற்றிவரும்போது, அதன் இன்னொரு பகுதியில் ஏற்படும் இயக்கத்தை அறிவதன் மூலம் பரப்பு அறிதலாகும். அதிகப் பழக்கத்திலுள்ளது. ஆம்சுலர் துருவப் பரப்பளவி ஆகும். இன்னொருவகைக் கருவி உருளும் பரப்பளவி ஆகும்.



படம் 181

துருவ பரப்பளவியின் கொள்கை

படத்தில் குறிப்பிட்ட பாதைகளில் நகர்ந்துகொண்டிருக்கும் AB கோட்டை எடுத்துக்கொள்வோம். அதன் நீளம் l. AB கோட்டை அதன் பாதையில் சற்றே $A'B'$ வரை நகர்த்திக்கொள்வோம். இவ்வாறு நேர்ந்த இடப்பெயர்ச்சியை இரண்டாகப் பிரிக்கலாம், ஒன்று நேரான இடப்பெயர்ச்சி. $A''B'$ மற்றது வளைவு இடப்பெயர்ச்சி $A''B'A'$. இதில் வளைந்தகோணம் $d\theta$.

இடம் பெயர்ந்த பரப்பு $= dA = ldm + \frac{1}{2}l^2 \, d\theta$

இதில் dm = AB முதல் A'' B' வரை உள்ள இடைவெளி

= Bயின் நேர் விலக்கம்

A ஒரு மூடிய கோட்டின்மீது நகர்ந்து தொடங்கிய புள்ளிக்கே வருவதாக வைத்துக்கொள்வோம். B சிறிய பாதை ஒன்றில் சென்று மீண்டும் பழைய நிலைக்கே திரும்பிவிடும். வலது புறம் செல்பவை கூட்டல் என்றும் இடதுபுறம் செல்பவை கழித்தல் என்னும் மரபுப்படி A ஒரு மூடிய கோட்டின்மீது சுற்றி வருவதால் AB கோடு நகர்ந்த பரப்பு

$$A = l\int dm + \frac{1}{2}l^2 \int d\theta$$

$$= lm$$

(ஏனெனில் B தான்சென்ற பாதையிலேயே திரும்ப வந்து விடுவதால் $\theta = 0$ ஆகும்.)

A சென்று வரும் மூடிய கோட்டு உருவத்திற்கு வெளியேயோ, அல்லது ஒரு பகுதி வெளியேயோ, B புள்ளி, தன் இடப்பெயர்ச்சியால் B பரப்புள்ள உருவமும் ஒன்று அமைப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம். AB கோடு தன் பழைய நிலைக்கே வந்து விடுவதால்

$$A - B = lm$$

B புள்ளியில் ஏற்படும் உருவம், A புள்ளி நகரும் உருவத்திற்குள் முழுதுமாக அமைந்துவிட்டால்

$$A - B = lm + \frac{1}{2}l^2 \, 2\pi$$

(ஏனெனில் B ஒரு முழுச்சுற்று முடித்து விடுகிறது. அதனால் $\int d\theta = 2\pi$.)

இந்தக் கொள்கையைப் பயன்படுத்தி A புள்ளி ஊர்ந்து வரும் மூடிய கோட்டு உருவத்தின் பரப்பளவைக் கண்டுபிடிக்கலாம். அதற்கு Bயின் பாதையும், அதன் செங்குத்து இடைவிலக்கம் m, எவ்வளவு என்றும் தெரியவேண்டும். அதற்குப்பதிலாக AB கோட்டின் மீதுள்ள W என்ற புள்ளியின் செங்குத்து இடைவிலக்கம் அறிந்துகொள்ளவேண்டும்.

Bயிலிருந்து W. a தொலேவில் உள்ளதாகவும், dn என்பது nயின் செங்குத்து இடைவிலக்கம் என்றும் வைத்துக்கொள்வோம்.

$$dn = dm + ad\theta$$

இதில் BA கோட்டிலோ, BAயை நீட்டிய கோட்டிலோ இருந்தால் a கூட்டலாகவும், AB யை நீட்டிய கோட்டில் W இருந்தால் a கழித்தலாகவும் கருதப்படும்.

முதலில் வருவித்த வாய்பாடுகளை ஒட்டி,

$$A = ln$$

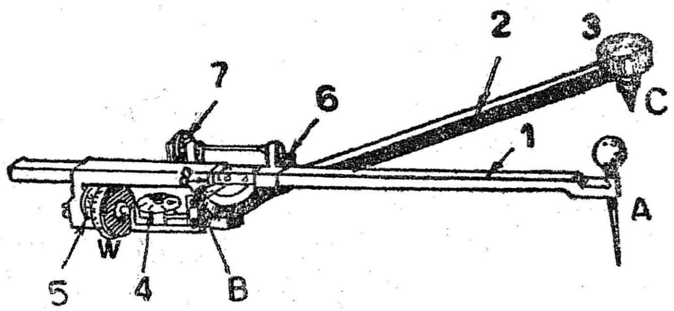
$$A-B = ln$$

$$A-B = ln + (\tfrac{1}{2} l^2 - la)2\pi$$

என்ற புதிய வாய்பாடுகள் அமையும்.

ஆம்சுலர் துருவப் பரப்பளவி (Amslers Polar Planimeter)

இதில் B யில் இணைந்துள்ள AB, BC என்ற இரண்டு சட்டங்கள் உள்ளன. AB சட்டத்தின் A யின் பரப்பளவு காணவேண்டிய



படம் 182

A. நடைமுனை B. கீல் C S. ஊன்றுமுனை W. உருளை
1. நடைக்கரம் 2. துருவச் சட்டம் 3. எடை 4. அளவு முகம் 5. வெர்னியர்
6. இறுக்காணி 7. மெதுவாக இயங்குவதற்கான திருகு 8. அடையாளம்

உருவத்தின் ஓரத்தில் ஊர்ந்துசெல்ல ஓர் ஊசிமுனை உள்ளது. C நிலையான புள்ளி. இதைத் துருவம் என்பர். இதன் ஆணியை தாளில் ஊன்றிக் கொண்டு, அதன் மீது எடை ஒன்றை வைப்பதால் நகராமல் நிற்கும். அதனால் A முனை சுற்றி வந்த போதிலும் B முனை CB ஆரமாக உள்ள வட்டப் பாதையில் மட்டும் சுற்றிவரும்.

AB க்கு செங்குத்து இடப் பெயர்ச்சி, W என்ற இடத்தில், ஓர் உருளையால் அளக்கப்படுகிறது. A சுற்றிவரும்போது, உருளை

தாளின் மீதே சற்றே உருள்கிறது. சற்றே நழுவுகிறது. செங்குத்துத் திசையில் உருளை கோர்க்கப் பட்டிருப்பதால், உருளல் மட்டும் பதிவாகிறது. நழுவல் ஏறுவதில்லை.

உருளை, கிடைமட்டமாக உள்ள அளவுத்தட்டு ஒன்றுடன் பல் சக்கரத்தால் இணைந்திருப்பதால், உருளையின் ஒரு சுற்றுக்கு ஒரு பிரிவு வீதம் தட்டு அளவுகாட்டுகிறது. உருளையின் 10 முழு சுற்றுகள், தட்டின் 10 அளவுகளையும் காட்டும்.

உருளையின் பகுதிச் சுற்றுகள் அதனோடு இணைந்துள்ள அளவுருளையில் உள்ள 100 பிரிவுகளால் தெரிகிறது. இதன் ஒவ்வொரு பத்தின் பகுதியையும் ஒரு வெர்னியர் மூலம் அளக்க முடியும்.

இக்கருவியில் *AB* நீளத்தை மாற்றிக் கொள்ளமுடியும். அதற்கேற்ப *AB* யில் கோடுகள் வரையப்பட்டுள்ளன. அக்கோடு களில் பெருக்கு எண் (M) குறிக்கப்பட்டிருக்கும், கருவி காட்டும் அளவை இந்தப் பெருக்கெண்ணால், பெருக்கினால் பரப்பளவு கிடைக்கும்.

பரப்பளாவியைப் பயன்படுத்தல் : முதலில் எந்த அளவில் பரப்பு வேண்டுமோ, அதற்கேற்ப கருவியின் *AB* கட்டத்தில் உள்ள குறிகளில் நகர்த்திக் கிடுக்கியை இறுக்கிக்கொள்ள வேண்டும். ஊரும் முனை படத்தின் ஓரத்தில் ஊருவதற்கு இடர் ஏற்படா வண்ணம், நிலை ஆணியை படத்திற்கு வெளியே வசதியான இடத்தில் ஊன்றி அதன் மேல்வைக்கும் எடையைச் செருக வேண்டும். படத்தில் ஒரு புள்ளியைக் குறித்துக்கொண்டு அதில் தொடங்கவேண்டும்.

அளவு முகத்திலும், உருளையிலும் தொடக்க அளவைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும் ; அல்லது அவற்றைச் சுழியாக இருக்குமாறு சரிசெய்து கொள்ள வேண்டும்.

ஊரும் முனையைத் தொடக்கப் புள்ளியிலிருந்து தொடங்கி வலஞ்சுழியாக, உருவத்தின் எல்லைக் கோட்டின் மேலேயே ஊர்ந்து வருமாறு செய்து இறுதியில் தொடக்கப் புள்ளியிலேயே முடிக்க வேண்டும். அளவு முகத்திலும் உருளையிலும் இறுதி அளவைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். இறுதி அளவிலிருந்து, தொடக்க அளவைக் கழித்தால் பரப்பு கிடைக்கும்.

இங்கு B புள்ளி ஒரு வில் வளைவிலே நகர்ந்து மீண்டும் அதிலேயே திரும்பிப் பழைய இடத்தை அடைகிறது. அதனால் $A = ln = l \times 2\pi\rho \times \nu$ இதில் ρ உருளையின் ஆரம், ν = உருளையின் சுற்றுக்களின் எண்ணிக்கை. ஆனால் அளவு முகத்திலும், உருளையிலும் உள்ள அளவுகள் நேரடியாகப் பரப்பையே தருமாறு கணக்கிட்டுக் குறிக்கப்பட்டுள்ளன.

பரப்பு மிகப் பெரியதாக இருந்தால் ஊன்றி நிற்கும் நிலைமுனை, உருவத்திற்கு வெளியில் அமைவது இயலாது. அப்போது பெரிய உருவத்தை சில கூறுகளாக்கி, ஒவ்வொன்றையும் தனித்தனியே அளந்துகொள்வது நல்லது. அதற்குப் பதிலாக ஊன்றும் முனையை, படத்திற்கு உள்ளேயே வைத்துக்கொண்டால், கீழ்க் கண்ட வாய்ப்பாட்டைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

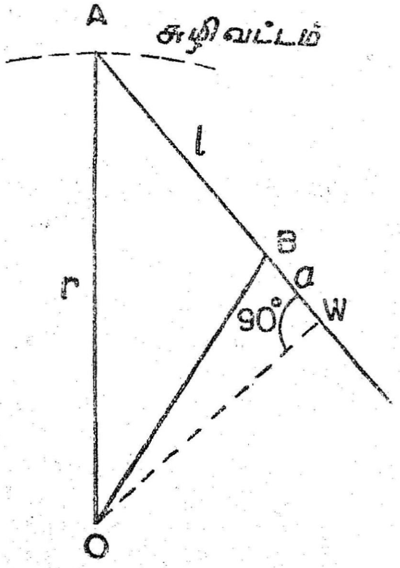
$$A - B = ln + (\tfrac{1}{2}l^2 + la)\,2\pi$$

இதில் a கழித்தல் ஆதலால், கூட்டல் குறி சேர்க்கப்பட்டுள்ளது.

சுழி வட்டம் (படம் 183)

ஆரச்சட்டம் CB யின் நீளம் b என எடுத்துக்கொண்டால்

$$B = \pi b^2.$$



படம் 183

$$\therefore \quad A = ln + (\tfrac{1}{2}l^2 + la + \tfrac{1}{2}b^2)\,2\pi$$

ஊன்று முனைக்கும், ஊரும் முனைக்கும் உள்ள இடைவெளி (AC) என வைத்துக்கொள்வோம்.

$$\text{படத்தில் } Cw^2 = b^2 - a^2$$
$$r^2 = Cw^2 + (b + a)^2$$
$$= b^2 - a^2 + b^2 + a^2 + 2ab$$
$$= b^2 + l^2 - 2ab$$
$$\therefore \quad A = ln + \pi r^2$$

ஆர நீளம் r உடைய ஒரு குறிப்பிட்ட வட்டத்தின் மீது ஊரும் முனை A நகரும்போது, உருளையில், உருளல் இல்லாமல், நழுவல் மட்டுமே இருப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம். அப்போது உருளையிலும், அளவு முகத்திலும் அளவு ஏதும் பதியாது. அத்தகைய வட்டத்தை சுழி வட்டம் (zero circle) என்பர். Circle of correction என்றும் சொல்வதுண்டு. இத்தகைய வட்டப் பரப்பு ஒரு மாறிலி (constant) ஆக இருக்கும். அளக்க வேண்டிய பரப்புக்கு உள்ளே ஊன்று முனையை வைத்து அளக்கும் போது, அளந்து கிடைத்த பரப்புடன், இந்த மாறிலியைக் கூட்டிக்கொள்ள வேண்டும். AB சட்டத்தில் ஒவ்வொரு வகை அளவுக்கும் ஒரு மாறிலி குறிக்கப்பட்டிருக்கும். C என்ற எழுத்து மாறிலியையும், M என்ற எழுத்து, அசல் பரப்பு கிடைப்பதற்காக கருவி காட்டும் அளவைப் பெருக்கவேண்டிய எண் ஆகும்.

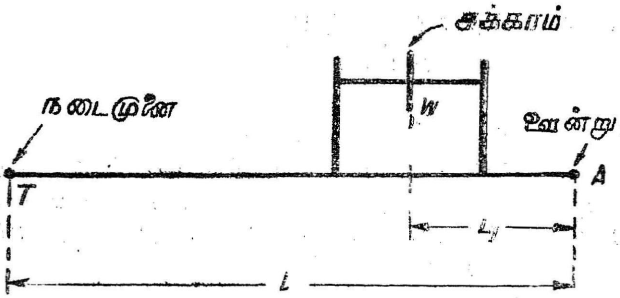
குறிப்புகள் :

1. பரப்பளவியின் துல்லியத்தை தெரிந்த கட்டம், அல்லது செவ்வகம் ஒன்று வரைந்து, அதனை அளந்து வரும் பரப்பால் உறுதி செய்யலாம்.

2. உருவங்களின் ஓரத்தில் ஊரும் முனை ஊரும்போது, நேர்க்கோடுகளை நேர்முனைகளாலும், வளைவுகளைப் பிரெஞ்சு வளைவுகளாலும் வழிப்படுத்தலாம். ஒரே உருவத்தை, இரண்டு அல்லது மூன்று முறை அளந்து சராசரி எடுத்துக்கொள்ளலாம்.

3. பெரிய பரப்புகளுக்கு, கருவியை உள்ளே ஊன்றி அளவெடுத்து, மாறிலியை (c) ச் சேர்த்துக்கொள்வதைவிட பரப்பைப் பகிர்ந்துகொண்டு, அவற்றைத் தனித்தனியே அளந்து கூட்டிக் கொள்ளலாம். அத்தகைய பரப்பு ஒன்றிற்கு, கருவியை உள்ளே எடுத்த அளவுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்த்து மாறிலியை உறுதி செய்து கொள்ளலாம்.

4. பரப்பறியும் படம் கிடைமட்டத்தில் இருக்கவேண்டும். உருளை சுற்றும் தாள் பரப்பு மென்மையாக இருக்கவேண்டும். அதிக வழுவழுப்பாகவும் இருக்கக் கூடாது. மடிக்கப்பட்ட படங்

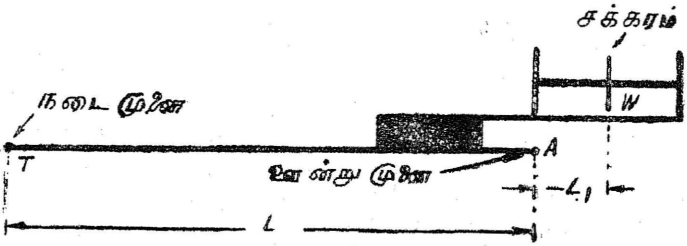


நடைக்கரத்தில் சக்கரம்

படம் 184a

களில் எடுக்கப்படும் அளவுகள் அவ்வளவு சரியாக இருக்காது.

குத்தான் அச்சு உருளை (offset wheel axis) :



நடைக்கர நீட்சியில் சக்கரம்

படம் 184b

பல பரப்பளவிகளில் உருளையின் அச்சு AB கோட்டிலேயே இல்லாமல், சற்றே தள்ளி அதற்கு இணையாக இருக்கும். அப்போதும் மேலே கூறிய வாய்பாடுகள் பொருந்து வரும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

1. ஓர் உருவத்தின் வெளியே ஊன்று முனைவைத்து, பரப்பளவி ஒன்றில் பரப்பு அறியப்பட்டது. தொடக்க அளவு 8.925, இறுதி அளவு 1.103 அளவு முகத்தின் சுழிக்குறி, ஒரு தடவை வலஞ்சுழியாக அடையாளப் புள்ளியைத் தாண்டிவிட்டது. பெருக்கெண் 100 செமீ^{2} பரப்பு காண்க.

ஊன்று முனை வெளியே இருந்தால், மாறிலியைக்கூட்ட வேண்டியதில்லை. தொடக்க அளவு 8.925லிருந்து வளர்ந்து வந்து 1·103 ஆகியிருப்பதால், மொத்த அளவு

$$= 10 - 8{\cdot}925 + 1{\cdot}103 = 2{\cdot}178.$$

$\therefore$ பரப்பு $= 2{\cdot}178 \times 100$

$= 217{\cdot}8$ செமீ^{2}

2. ஒரு பரப்பின் உள்ளே ஊன்று முனையை வைத்து வலஞ்சுழியாக அளக்கப்பட்டது. அதன் பெருக்கெண் $(M) = 100$ செமீ^{2} மாறிலி 20·000. தொடக்க அளவு 2·423. இறுதி அளவு 9·243. உருவத்தின் பரப்பளவு காண்க.

தொடக்க அளவு = 2·423

இறுதி அளவு = 9·243

$\therefore$ மொத்த அளவு = இறுதி அளவு − தொடக்க அளவு
$= 9{\cdot}243 - 2{\cdot}423 = 6{\cdot}820$

பரப்பு $= (6{\cdot}820 + 50) \times 100$ செமீ^{2}

$= 2682{\cdot}0$ செமீ^{2}

8. மட்டகை
(Levelling)

இமயத்தின் கொடுமுடி உயரத்திற்குச் சான்று; இந்துமாக் கடல் ஆழத்திற்குச் சான்று. குடகில் தொடங்கும் காவிரி, பள்ளம் நோக்கிப் பாய்ந்துசென்று, வங்கக்கடலில் கலக்கின்றது. மேடு, பள்ளம் ஆகியவை உயரத்தின் கூறுகள். ஒன்றுக்கொன்று ஒப்புமையுடைய பல்வேறு மட்டங்களில் உள்ளன. அவ்வகை மட்டங்களை அறியும் வழிவகைகள் ''மட்டகை'' எனப்படுகிறது.

வரையறை : புவிப்பரப்பில் உள்ள பல்வேறு இடங்கள், பொருள்களின் ஒப்புயரங்களைக் கண்டறியும் பயன்படு அறிவியல் மட்டகை ஆகும். இது செங்குத்துச் சமதளத்து உயரங்களைப் பற்றியது.

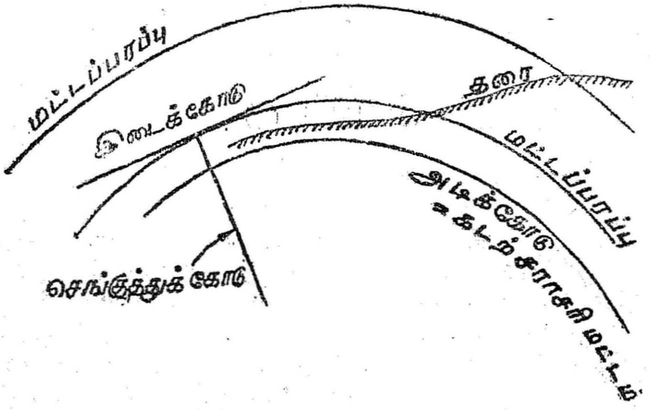
அருகருகிலுள்ள இடங்களின் உயரக்கணிப்பு, எளிய கருவிகளைக்கொண்டு செய்யப்படுகிறது. அது எளிய மட்டகை எனப்படும்.

தொலைதூர இடங்களின் உயரங்கள், தியோடலைட் போன்ற அரிய கருவிகள் கொண்டு, முக்கோணமாக்கம், கோணகணித அளக்கை முதலிய அளவை முறைகளைக்கொண்டு கணக்கிட்டறியப் படுகின்றன. அவை அந்தந்த அளக்கை முறைகளின் பெயர்களை முன்னடையாகக்கொண்டு அமைக்கப்படுகின்றன.

சொல்லாட்சி : மட்டகையில் பயன்படும் பல்வேறு சொற்களின் பொருள்களை முதலில் அறிந்துகொள்வது நல்லது (படம் 185).

1. அலை இல்லாத அமைதியான ஏரியின் நீர்ப்பரப்பைப் போன்று, புவியின் சராசரிக் கோளப்பரப்பிற்கு இணையாக உள்ள ஏதாவதொரு பரப்பு மட்டப் பரப்பு எனப்படும். புவி ஒரு தட்டை.

யான கோளமாதலால், புவியின் மையத்திலிருந்து ஒருயரப் புள்ளிகளை இணைக்கும் வளைதளத்தை மட்டப் பரப்பு ஆகக் கருதலாம். இது எல்லா இடத்திலும் தூக்கு நூலுக்கு செங்கோணத்தில் இருக்கும்.



படம் 185

2. ஒரு மட்டப்பரப்பில் அமைந்துள்ள கோடு மட்டக்கோடு ஆகும். எனவே இது எல்லா இடத்திலும் தூக்கு நூலுக்குச் செங்கோணத்திலிருக்கும்.

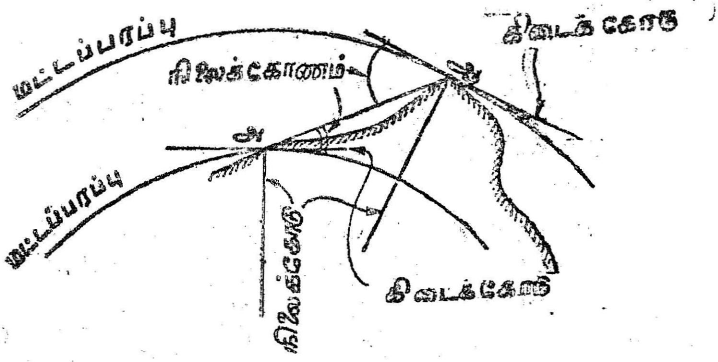
3. ஒரு மட்டக்கோட்டின், தொடு தளத்தில் உள்ள கோடு கிடைக்கோடு எனப்படும். தொடுதளம் அந்தப் புள்ளியில் மட்டும் தூக்கு நூலுக்குச் செங்கோணத்தில் உள்ள சமதளம் ஆகும்; வளை தளம் அல்ல.

4. செங்குத்துக் கோடு என்பது மட்டப்பரப்பில் எந்த ஒரு புள்ளியில் எடுத்துக்கொண்டாலும் அதன் வழியாக, மட்டப்பரப் பிற்கு செங்கோணத்தில் செல்லும் கோடு ஆகும். அதாவது அப் புள்ளி வழியாகச் செல்லும் தூக்கு நூல்.

5. ஒரு செங்குத்துக் கோட்டை உடைய சமதளம் செங் குத்துச் சமதளம் ஆகும்.

6. ஒரு செங்குத்துச் சமதளத்தில் உள்ள இரண்டு குறுக்கிடும் கோடுகளின் இடைக்கோணம் குத்துக்கோணம் அல்லது நிலைக் கோணம் (Vertical Angle) எனப்படும். அளக்கை முறையில்

குறுக்கிடும் கோடுகளில் ஒன்று கிடைக்கோடாக வைத்துக் கொள்ளப்படுகிறது (படம் 186).



படம் 186

7. அடிமட்டம் (Datum) : என்பது உயரங்களை ஒப்பிடு வதற்காக, தாமாக எடுத்துக்கொள்ளும். ஒரு பரப்பு ஆகும். இதைச் சுழியாக வைத்துக்கொண்டு எல்லா உயரங்களும் கணக் கிடப்படுகின்றன. பெரும்பாலான வேலைகளில் ஆங்காங்கு, உள்ள நிலையான, தெளிவான இடம் ஒரு குறிப்பிட்ட உயரமாகக் கருதப்பட்டு (சான்றாக 10 மீ) அதற்கேற்ப பிற புள்ளிகளின் உயரம் அறியப்படுகிறது.

அணை, கால்வாய் போன்ற முக்கியமான வேலைகளுக்குக் கடல் மட்டம் அடிக்கோடாக எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. இந்தியாவில் முக்கோணப் பேரளவையில் சராச்சியின் கடல் சராசரி மட்டம் அடிப்பரப்பாகக் கருதப்படுகிறது.

8. ஒரு இடம், அடிப்பரப்பிற்கு மேல் அல்லது கீழ் செங்குத்தாக எவ்வளவு தூரத்திலுள்ளதோ அது உயரம் எனப் படுகிறது. நிலைவெளி (vertical distance என்று சொல்வதும், உண்டு. அதைக் குறைந்த மட்டம் reduced level) என்றும் சொல்கிறோம்.

புள்ளி அடிக்கோட்டிற்கு மேலே இருந்தால் + உயரம் என்றும், கீழே இருந்தால் — உயரம் என்றும் சொல்லப்படுகிறது.

9. இரண்டு புள்ளிகளின் வழியாகச் செல்லும் மட்டப் பரப்பு களின், இடைவெளி உயர வேறுபாடு எனப்படுகிறது.

10. ஏற்கனவே மட்டம் தெரிந்த நிலையான இடம், பார்வைப் புள்ளியாகப்பயன்படும். அந்த இடம் குறிமேடை (B. M.) எனப்படும்.

11. தொலைநோக்கியின் உருத்திரையிலுள்ள குறுக்கிழை களின் மையம், பொருள் வில்லையின் மையம் ஆகிய புள்ளியின் வழியாகச் செல்லும் நேர்க்கோடு பார்வை அச்சு (line of collimation or line of sight) எனப்படும். பார்வைக்கோடு என்றும் சொல்லலாம்.

12. தொலைநோக்கியின் கண்வில்லை மையம், பொருள் வில்லை மையம் ஆகிய புள்ளிகளின் வழியே செல்லும் நேர்க்கோடு தொலைநோக்கி அச்சு எனப்படும்.

13. ரசமட்டத்தின் நீளப்பாங்கில் நடுப்புள்ளியில் மேல் வளைவின் தொடுகோடு ரசமட்ட அச்சு என்று சொல்லப்படும். குமிழிக்கோடு என்றும் சொல்லப்படும். குமிழி குழலின் மையத் திலிருக்கும்போது இக்கோடு கிடைமட்டமாக இருக்கும்.

14. கருவி சுழலும் நடு அச்சு குத்தச்சு எனப்படும்.

15 ஓரிடத்தில் கருவியை நிறுத்தியதும், ஏற்கனவே உயரம் தெரிந்த குறிமேடை அல்லது மாறுமேடை ஒன்றின்மீது மட்டக்கைக் கம்பத்தை நிறுத்தி, அதில் காணும் அளவு பின் பார்வை அல்லது பின்பார்வை அளவு எனப்படும். ஆங்கிலத்தில் back sight, back sightr eading என்பதோடு plus sight என்றும் சொல்வர்.

16. ஓரிடத்திலுள்ள கருவியில் இறுதியாக எடுக்கும் அளவு முன்பார்வை அல்லது முன்பார்வை அளவு என்று சொல்லப்படும். minus sight என்றும் அழைக்கப்படும். தொடர் அளவுகளில் இது மாறுமேடையாக இருக்கும். இதன் மட்டம் கணக்கிட்டு அறிய வேண்டியதாகும். தொடங்கிய புள்ளியிலேயே முடிக்கும்போது மட்டும் இது தெரிந்த மட்டமாக இருக்கும்.

17. ஒரு நிலையத்திலிருந்து, அளவு தெரியவேண்டிய இடங் களில் மட்டக்கைக் கம்பத்தை வைத்துப்பார்க்கும் அளவு இடைப் பார்வை எனப்படும். முன்பார்வைக்கும் பின்பார்வைக்கும் இடையில் வருபவை எல்லாம் இடைப்பார்வைகளே.

18. ஓரிடத்தில் கருவியை நிறுத்தியதும் எடுக்கவேண்டிய அளவுகளை எடுத்தபின், அடுத்த இடத்திற்கு மாற்றுமுன் மட்டக்கைக் கம்பத்தை வைத்துப்பிடித்து முன்பார்வை எடுக்கு

மிடம் மாறுமேடை எனப்படும். Change point, turning point என்று ஆங்கிலத்தில் சொல்வர். அடுத்த இடத்தில் கருவியை நிறுத்தியதும் முதலில் இப்புள்ளியிலிருந்தே பின்பார்வை எடுக்கவேண்டும். கெட்டித்தரை, பாறை, தளம், தண்டவாளம், எல்லைக்கல், போன்ற நிலையான பொருட்களையே மாறுமேடையாகத் தேர்ந்தெடுக்கவேண்டும்.

19. நிலையம் என்பது மட்டகைக் கம்பங்கள் வைத்து அளவு தரும் இடம் ஆகும். கருவியை நிறுத்தும் இடமல்ல. காந்த வட்டை, சமதளமேசை போன்ற கருவிகள் நிறுத்துமிடத்திலிருந்து இது வேறுபட்டதென்பதை உணர்ந்துகொள்க.

20. சரியாக மட்டப்படுத்திய பின் கருவியின் பார்வைக் கோட்டின் குறைத்த மட்டம் (R L) கருவி உயரம் எனப்படும். இதைப் பார்வை உயரம் (collimation height), பார்வைச்சமதள உயரம் (height of plane of collimation) என்றும் சொல்வர்.

கருவியைச் சரியாக மட்டப்படுத்திவிட்டால், பார்வைக் கோடு சுழலும் சமதளம் பார்வைச் சமதளம் எனப்படுகிறது.

கருவி உயரம் என்பது, அது நிறுத்தப்பட்ட இடத்திலிருந்து தொலைநோக்கியின் உயரத்தைக் குறிக்காது என்பதை நினைவில் வைத்துக் கொள்ள வேண்டும்.

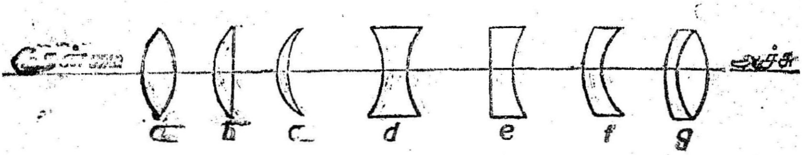
மட்டகையில் முதன்மையானது அதற்குப் பயன்படும் கருவியான மட்டகி ஆகும். மட்டகியின் முதன்மையான உறுப்பு தொலைநோக்கி ஆகும். தொலைநோக்கி வேறு பல அளக்கைக் கருவிகளிலும் பயன்படுகிறது. முதலில் தொலைநோக்கியைப் பற்றி விரிவாக அறிவது நல்லது.

ஒளியியல்

வில்லைகள் : தொலைநோக்கியின் முதன்மையான உறுப்பு அதன் கண்ணாடி வில்லைகள் ஆகும். இருபுறமும் கோளவளை தளத்தால் சூழப்பட்ட, ஒளி ஊடுருவும் பொருளால் ஆனது வில்லை ஆகும். ஒரு பக்கம் சமதளமாக இருப்பதுண்டு. ஒளி ஊடுருவும் பொருள், கண்ணாடியே ஆகும்.

வில்லைகள் இரண்டு வகை 1. குவி வில்லை. 2 குழி வில்லை, குவி வில்லைகள் நடுவில் உப்பியும், ஓரத்தில் மெலிந்தும் இருக்கும். ஒளிக்கற்றைகளைக் குவிப்பது இதன் தன்மை. நடுவில் குவிந்துள்ளதால் இப்பெயர் பெற்றது. குழிவில்லைகள் ஓரத்தில்

பெருத்தும், நடுவில் மெலிந்தும் இருக்கும். நடுவில் குழியாக இருப்பதால் இப்பெயர் பெற்றது. ஒளிக்கற்றையை விரித்து அனுப்புவது இதன் பண்பாகும், இரு பக்கமும் குவிந்துள்ள வில்லை இருகுவி வில்லை என்றும், இருபக்கமும் குழியாக இருந்தால் இருகுழி வில்லை என்றும் சொல்லப்படுகின்றன. படம் 187 சிலவகை வில்லைகளைக் காட்டுகிறது.



படம் 187

a. இருகுவி வில்லை b. குவிச் சம வில்லை, c. குவிக் குழி வில்லை, d. இருகுழி வில்லை, e. சமக் குழி வில்லை, f. குழிக்குவி வில்லை, g. கூட்டு வில்லை.

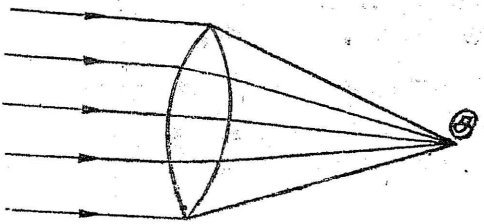
இவற்றில் a, b, c, g ஆகியவை ஒளியைக் குவிப்பதற்கும் d, e, f விரிப்பதற்கும் பயன்படுகின்றன. தனி வில்லைகளைவிடப் பெரும்பாலும் கூட்டு வில்லைகளே புழக்கத்திலுள்ளன.

வில்லைகளின் வளைபரப்புகளின் மையத்தின் வழியே செல்லும் கோடு, அதன் முதன்மை அச்சு ஆகும். இது வில்லையின் நடுச் சமதளத்திற்குச் செங்குத்தாகச் செல்லும் வில்லையின் நடுப்புள்ளி வழியாகச் செல்லும் எல்லாக் கதிர்களும் திசைமாறாமல் படுகதிருக்கு இணையாகவே வெளியேறும். அத்தகைய புள்ளி ஒளி மையம் (optic centre) எனப்படும். ஒளி மையம் வழியாகச் செல்லும் கதிர்கள், பக்கவாட்டில் சற்றே தள்ளி வெளியேறும். ஆனால் வில்லையின் தடிப்பு குறைவானதால், இடமாற்றமும் தள்ளத்தக்க அளவுக்குக் குறைவாகவே இருக்கும். அதனால் படுகதிர் இடமாற்றமில்லாமல் நேராகவே வெளியே வருவதாகக் கருதிக்கொள்கிறோம்.

ஒரு குவி வில்லையின் (படம் 188) ஒரு பக்கம், அதன் முதன்மை அச்சிற்கு இணையாக வரும் கதிர்கள், அடுத்த பக்கத்தில் ஒரு புள்ளியை நோக்கிக் குவியும். இந்தப் புள்ளி முதன்மைக் குவியம் எனப்படும். வில்லையின் ஒளி மையத்திலிருந்து குவியம் உள்ள இடைவெளி குவிய தூரம் எனப்படும். ஒரு வில்லைக்கு இரு பக்கமும் முதன்மைக் குவியங்கள் உண்டு.

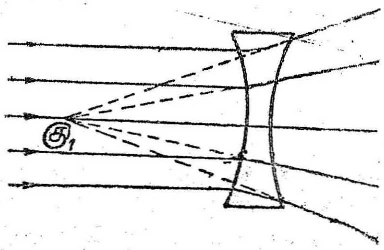
ஒரு குழி வில்லையி (படம் 189) ஒரு பக்கம், அதன் முதன்மை அச்சிற்கு இணையாக வரும் கதிர்கள் அடுத்த பக்கம் விரிந்து

செல்லும். அவ்விரிவுகளைப் பின்னேக்கி நீட்டினால் வில்லையின் முன்புறம் ஒரு புள்ளியில் சந்திக்கும். இப்புள்ளியே முதன்மைக்



படம் 188

குவியம் ஆகும். இத்தகைய வில்லை விரிவில்லை (diverging lens) எனப்படும்.



படம் 189

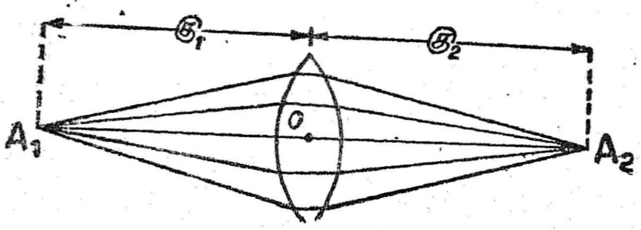
குவி வில்லையில் குவியம் உண்மையானது; வருகதிர் உள்ள பக்கம் இருக்கும். குழி வில்லையில் குவியம் பொய் யானது; படுகதிர் உள்ள பக்கமே இருக்கும். குவி வில்லையின் குவி தூரம் +; குழி வில்லையின் குவி தூரம் — ஆகும்.

குவி தூரத்தைக் கண்டுபிடிக்க, எப்போதும் தொலை தூரத்தில் உள்ள (சுமார் 200 மீட்டருக்குமேல் அல்லது சூரிய ஒளி) பொருள்களின் உருவத்தைக் குவித்து அதிலிருந்தே அளந்து கொள்கிறோம்.

ஒரு வில்லையின் திறன் (power) அதன் குவிதூரத்தின் தலை கீழ் பின்னம் ஆகும். பல வில்லைகள் ஒன்றுடன் ஒன்று ஒட்டி யிருந்தால், அக்கூட்டு வில்லையின் திறன், தனித்தனி வில்லையின் திறன்களின் கூட்டுத் தொகையாகும். அதாவது தனித்தனி வில்லைகளின் தலைகீழ் குவிதூரங்களின் கூட்டுத் தொகை யாகும்; கூட்டும்போது அவற்றின் +, – அடையாளங்களையும் கணக்கில் கொள்ளவேண்டும்.

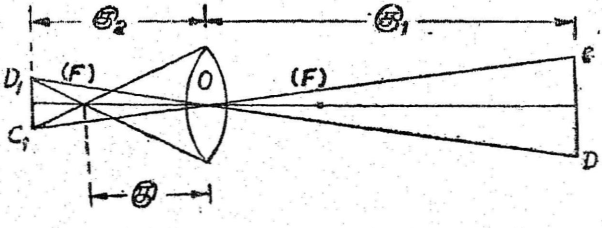
எதிரெதிர் குவியம்: ஒரு வில்லையின் முதன்மைக்கோட்டின் ஒரு பக்கத்துப்புள்ளி A யிலிருந்து புறப்படும் ஒளி வில்லையின் வழியே சென்று அடுத்த பக்கம் A' புள்ளியில் குவிவதாக வைத்துக் கொள்வோம். இந்த இரண்டு புள்ளிகளான A, A' ஆகியவை

ஒன்றுக்கொன்று மாற்றிக்கொள்ளுமாறு எதிரெதிரே அமைந்திருந்தால் அவை எதிரெதிர் குவியங்கள் அல்லது இணை குவியங்கள் எனப்படுகின்றன. A, A' புள்ளிகளின் தூரம் ஒளிமையம், Oவி லிருந்து கு$_1$, கு$_2$ எனவும், வில்லையின் குவிதூரம் கு எனவும் வைத்துக் கொண்டால், ஒளியியல் விதிகளின்படி $\frac{1}{கு} = \frac{1}{கு_1} + \frac{1}{கு_2}$ ஆகும். இந்த சமன்பாட்டை நோக்குமிடத்து, கு$_1$ கு$_2$ ஆகியவை கு வை விடப் பெரியதாக உள்ளது புலப்படும்.



படம் 190

உருநிழல் (Images) : குவிவில்லை ஒன்றின் ஒரு பக்கம் சற்றே தூரத்தில் ஒரு நேர்காண் கம்பு இருப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம் (படம் 191). அதன் நிழலுரு அடுத்த பக்கம் அமையும், CD என்பது நேர்காண் கம்பு. $C_1 D_1$ அதன் நிழலுரு. CD யும்



படம் 191

C_1D_1 ம் இடம் மாறிக் கொள்ளத் தக்க எதிரெதிர் குவியங்கள் ஆகும். பொருள் மிகுந்த தொலைவில் இருந்தால் அதன் உருநிழல் அதன் முதன்மை குவியத்திற்கருகிலேயே, அல்லது குவியத்திலேயே விழும்.

வில்லையின் ஒளிமையம் Oவிலிருந்து CD, C_1D_1 தூரங்கள் எதிரெதிர் குவிய தூரங்கள் எனப்படும்.

வில்லையிலிருந்து CD தூரம் = $கு_1$

,, C_1D_1 தூரம் = $கு_2$

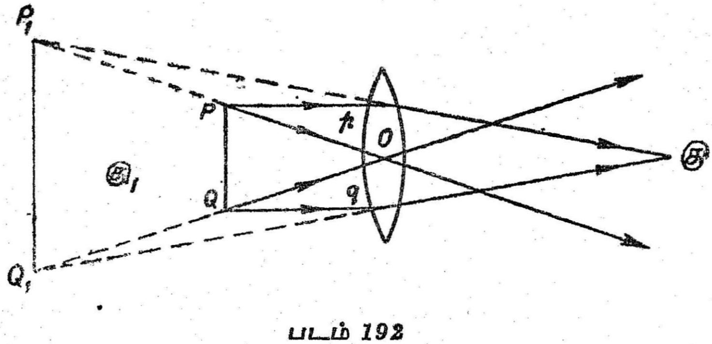
வில்லையின் குவிதூரம் = கு ஆகவும் இருக்கட்டும். ஒளியியல் விதியின்படி.

$$\frac{1}{கு} = \frac{1}{கு_1} + \frac{1}{கு_2}$$

$\angle COD$, $\angle C_1OD_1$ முக்கோணங்களின் ஒற்றுமையிலிருந்து, பொருளுக்கும் அதன் நிழலுருவிற்கும் உள்ள

அளவு வீதம் $= \frac{CD}{C_1D_1} = \frac{கு_1}{கு_2}$ என அறியலாம்.

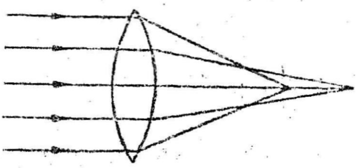
குவி வில்லையில் இவ்வகை உருநிழல் உண்மையானது, தலை கீழாக இருக்கும். ஆனால் பொருள் குவிதூரத்திற்கு உள்ளே யிருந்தால், அதாவது பொருள் தூரம், குவிதூரத்தைவிடக் குறைந் திருந்தால், உரு நிழல் பொய்யானது. நேராக இருக்கும்; அளவில் பொருளைவிடப் பெரியதாக இருக்கும். பொருளுக்கு அடுத்த பக்கம் வில்லையின் கண் வைத்துப் பார்த்தால், பொருள் பெரி தாகத் தெரியும்.



படம் 192

படத்தில் PQ என்பது பொருள். குவிதூரத்திற்குள்ளாகவே உள்ளது. pகு கதிரும், PO கதிரும் எங்கும் சேருவதில்லை. அதனால் உண்மை நிழலுரு தோன்றாது. ஆனால் அவற்றை பின்பக்கம் நீட்டினால் P_1 இருந்து புறப்படுவது போல எதிர்ப்பக்கத்தில் கண் வைத்துப் பார்க்கும்போது தோன்றும். அதேபோல qகு கதிரும் QO கதிரும் Q_1 இல் பின்னால் இருந்து வருவதுபோலத் தோன்றும். இதில் நிழலுரு P_1Q_1 பொய்யானது; பொருளைவிடப் பெரியது; நேரானது.

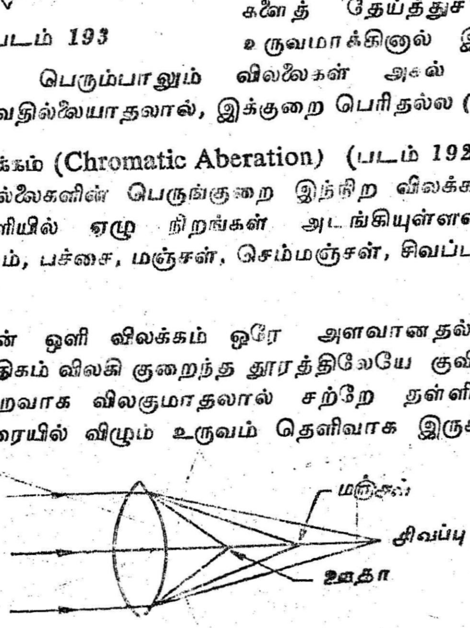
கோளக் கோட்டம் (Spherical Aberation) : வில்லையின் வடிவம் அசல் கோளமானதாக இருந்தால், அதன் ஊடே வரும் கதிர்கள் ஒரே இடத்தில் குவிவதில்லை. நடுவில் வரும் கதிர்கள் தூரத்திலும், ஓரத்தில் வரும் கதிர்கள் அதற்குச் சற்று முன்னதாகவேயும் குவியும். இக் குறை கோளக் கோட்டம் எனப் படுகிறது. வில்லையின் ஓரங்களைத் தேய்த்துச் சரியான உருவமாக்கினால் இக்குறை தீர்ந்துவிடும். பெரும்பாலும் வில்லைகள் அசல் கோளமாக வார்க்கப்படுவதில்லையாதலால், இக்குறை பெரிதல்ல (படம் 193).



படம் 193

நிற விலக்கம் (Chromatic Aberation) (படம் 192) : எளிய கண்ணாடி வில்லைகளின் பெருங்குறை இந்நிற விலக்கமே ஆகும். வெள்ளை ஒளியில் ஏழு நிறங்கள் அடங்கியுள்ளன. ஊதா, கருநீலம், நீலம், பச்சை, மஞ்சள், செம்மஞ்சள், சிவப்பு ஆகியவை அவை.

இவற்றின் ஒளி விலக்கம் ஒரே அளவானதல்ல. ஊதா வண்ணம் அதிகம் விலகி குறைந்த தூரத்திலேயே குவிந்து விடும். சிவப்பு குறைவாக விலகுமாதலால் சற்றே தள்ளிக் குவியும். அதனால் திரையில் விழும் உருவம் தெளிவாக இருக்காது. பல

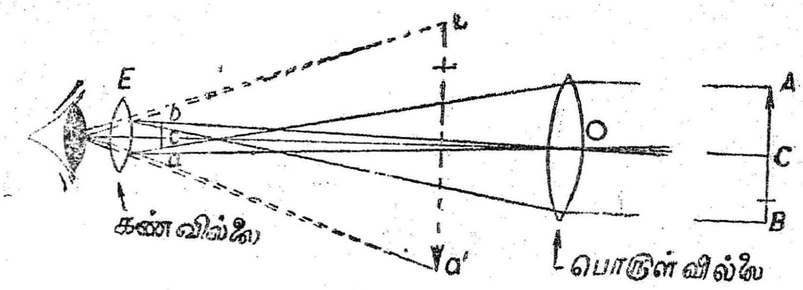


படம் 194

வண்ணங்கள் கலந்து தெளிவற்று இருக்கும். இந்தக்குறை நிறக் கோட்டம் (Chromatic Aberraion எனப்படுகிறது. இக்குறையைத் தீர்க்க வேறுவேறு தன்மையுடைய இருவகைக் கண்ணாடி வில்லைகள் சேர்ந்த கூட்டு வில்லைகளைப் பயன்படுத்தலாம். படம் 200 இல் உள்ளதுபோல கெட்டிக்காரக் கண்ணாடி (crown glass) யாலான குவி வில்லையும், கல்கண்ணாடி (flint glass) யாலான குழி வில்லையும் இணைத்துப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. குவி வில்லையால் ஏற்படும் நிறப் பிரிகை குழிவில்லையால் ஈடு செய்யப்பட்டு மீண்டும் வெள்ளை ஒளி வெளியே வரும், இத்தகைய கூட்டு வில்லைகள் பிரியா நிற வில்லை (achromatic lens) எனப்படும்.

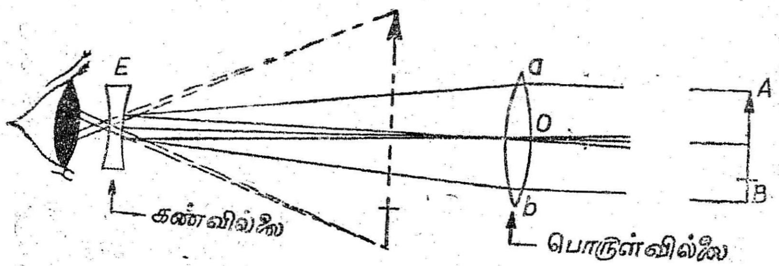
தொலை நோக்கியின் வகைகள் : ஓர் எளிய தொலைநோக்கியின் கண் வில்லை, பொருள் வில்லை இரண்டின் மையம் வழியாகச் செல்லும் முதன்மை அச்சு, தொலைநோக்கியின் பார்வை அச்சு ஆகும். பொருளுக்கு அருகில் இருப்பது பொருள் வில்லை எனப்படும் குவி வில்லை ஆகும். பொருளின் உருவத்தை வாங்கி அதன் உரு நிழலைத்திரையில் பிடிப்பது இதன் வேலை, கண்ணுக்கு அருகில் இருப்பது கண் வில்லை; திரையில் விழுந்த உருநிழலைப் பெரிதாக்கிக் கண்களுக்குக் காட்டுகிறது.

வானியல் தொலைநோக்கி அல்லது கெப்ளரின் தொலைநோக்கியில் பொருளிலிருந்து வரும் கதிர்கள் பொருள் வில்லை (O) யின் வழியே சென்று கண் வில்லை (க) யின் முன்னால் உருநிழல் (ba) அமைகின்றது.



படம் 195

இது கண் வில்லையின் குவிதூரத்திற்குள்ளாக இருப்பதால், உருநிழல் பெரியதாக b' a' யிலிருந்து வருவது போலத் தெரிகிறது, இது பொய் உருநிழல்; தலைகீழானது (படம் 195)



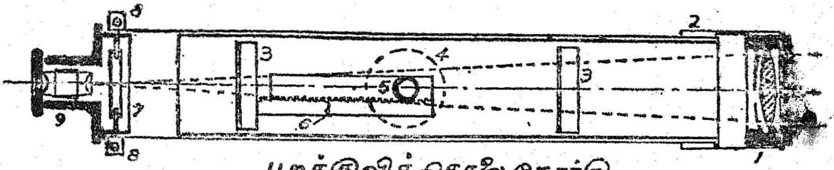
படம் 196

கலீலியோவின் தொலைநோக்கியில் பொருள் வழியே வரும் கதிர்கள் ஓர் இடத்தில் கூடி உருநிழல் அமைக்கும் முன்னமே,

கண்வில்லை குறுக்கிட்டு உருவைப் பெரிதாக்கிக் காட்டுகிறது. இதில் உருநிழல் $b a$ நேரானது; பொய்யானது; உருபெருக்கித் தெரிகிறது (படம் 196).

கலீலியோ தொலைநோக்கியில் உருவம் நேராகத் தெரிவது ஒரு நன்மை. ஆனால் உருநிழல் பொய்யானதாகையால் அளவுகள் எடுக்கப் பயன்படாது. கெப்ளரின் தொலைநோக்கி அளவுகள் எடுக்க ஏற்றது.

அளக்கைத் தொலைநோக்கிகள்: மட்டகிகள், தியோடலைட் போன்ற அளக்கைக் கருவிகளில் உள்ளவை கெப்ளரின் தொலை நோக்கிகளே. அதில் 1. புறக் குவித்தொலைநோக்கி அல்லது வானியல் தொலைநோக்கி. 2. அகக் குவித்தொலை நோக்கி என இரண்டு வகை உண்டு.



புறக்குவித் தொலை நோக்கி

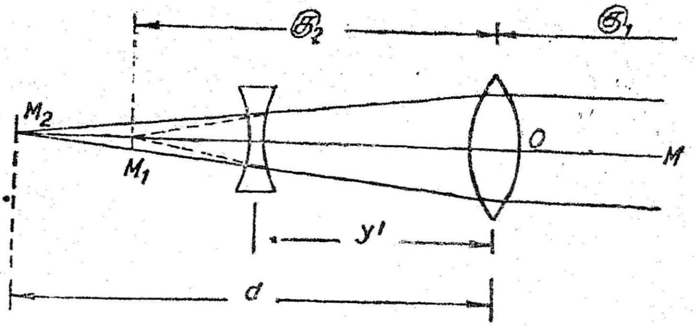
படம் 197

1. பொருள் வில்லை. 2. நிழற் குழாய். 3. தகடுகள். 4. குவியத் திருகு. 5. சக்கரம். 6. பல். 7. திரை. 8. திரைத் திருகுகள். 9. கண்வில்லை.

1. புறக்குவித் தொலைநோக்கி: 197-ஆம் படத்தில் புறக்குவித் தொலைநோக்கியின் வெட்டுத் தோற்றம் உள்ளது. இதில் உருவத்தின் நிழலைச் சரியாகக் குவிப்பதற்காக பொருள் வில்லை, கண்களுக்கிடையில் உள்ள தூரத்தை கூட்டியோ, குறைத்தோ சரி செய்யவேண்டும். அதற்கு வசதியாக ஒன்றுக்குள் ஒன்று, பல் சக்கர ஏற்பாட்டால் செல்லுமாறு இரண்டு குழாய்கள் உள்ளன. இதனால் தொலைநோக்கியின் மொத்த நீளம் கூடியும், குறைந்தும் மாறிக்கொண்டே இருக்கும் இது ஒரு குறை ஆகும்.

2. அகக்குவி தொலைநோக்கி (படம் 198): இதில் கண் வில்லைக்கும் பொருள் வில்லைக்கும் உள்ள இடைதூரத்தை நிலையாக வைத்துக்கொண்டு, இவற்றின் நடுவே ஓர் இருகுழி வில்லையை நகர்த்திக் கொள்வதன் மூலம் ஒளிக்கதிர்களின் பாதையைக் குறைத்துக்கொள்கிறோம். பிற ஏற்பாடுகளில் இது முன்னதைப் போன்றதே ஆகும். இதன் கூடுதல் நன்மைகளாவன:

i. இருமுனைகளும் நன்கு அடைக்கப்பட்டுவிடுவதால், கருவியினுள் தூசி அடையாமல் துப்புரவாக இருக்கின்றது. ii. இருபக்சமும் சமஎடை உள்ளவாறு மையமாக நிறுத்தமுடிகிறது. iii. தவறான கட்டுமானங்களால் ஏற்படும் பிழைகள் இதில் குறைவு.

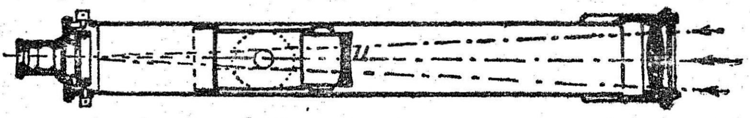


படம் 198

இதன் பெருங்குறை யாதெனில், கதிர்கள் இன்னொரு வில்லையின் ஊடேயும் செல்வதால் சற்றே மங்கி, அதன் வெளிச்சம் சற்றே குறைந்து விடுகிறது.

தொலைநோக்கியின் உறுப்புகள்

அ. உடல்: இது ஒன்றுக்குள் ஒன்றாக அமைந்த இரண்டு குழாய்களை உடையது. உள்குழாய் பல் சக்கர ஏற்பாட்டால் உள்ளுக்குள்ளேயே, திருகின் உதவியால் நகர்த்தமுடியும். தடையில்லாமல், மென்மையாக, அச்சுப் பிறழாமல் உட்குழாய் நகர வேண்டியது மிகவும் இன்றியமையாதது. சிலவகை புறக்குவித் தொலைநோக்கியில் உட்குழாயில் கண் வில்லையும், திரையும் இருக்கும்; வேறு சில வகையில் திரையும் பொருள் வில்லையும் இருக்கும்.



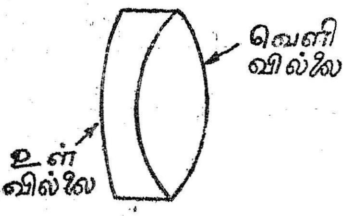
அகக்குவித்தொலைநோக்கி

படம் 199

அகக்குவித் தொலை நோக்கியில் (படம் 199) கண் வில்லையும் பொருள் வில்லையும் வெளிக்குழாயின் இருமுனைகளிலும் பொருத்

தப்பட்டிருக்கும். உட்குழாயில் ஓர் இருகுழி வில்லை மட்டும் இருக்கும்.

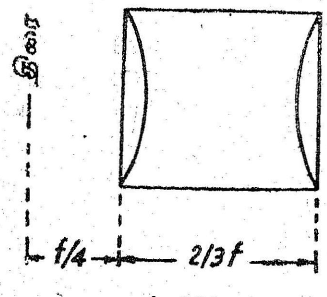
ஆ. பொருள் வில்லை : இது பெரும்பாலும் கூட்டு வில்லையாகவே இருக்கும். வெளியில் காரக் கண்ணாடி (crown glass) யாலான இருகுவி வில்லையும், உள்பக்கம் அதை ஒட்டி, அடர்த்தியான கல் கண்ணாடி (dense flinht glass) யாலான குழிக்குவி வில்லையும் இணைந்திருக்கும் (படம் 200). இந்த இணைப்பால், கோளக்கோட்டம், நிறக்கோட்டம் ஆகியவை தவிர்க்கப்படுகின்றன. அதனால் இதை பிரியா நிறவில்லை என்பர். இதில் கிடைக்கும் நிழலுரு தலைகீழானது, உண்மையானது.



படம் 200

இ. கண்வில்லைகள் : குறுக்கிழைத் திரையில் விழுந்த நிழலுருவைப் பெருக்கிக்காட்டுவதே, கண்வில்லையின் பயன். அதிலும் இரண்டுவகை உண்டு. (க) கீழ்த்தலை உருவில்லை. (கா) நேர் உருவில்லை.

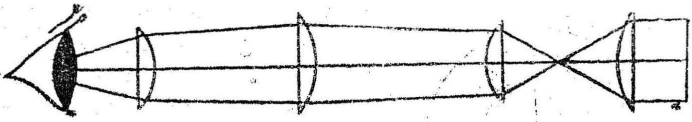
க. கீழ்த்தலை உருவில்லை : இதை ராம்சதன் கண்வில்லை (படம் 201) என்பர். ஒரே மாதிரியான இருசமகுவி வில்லைகள். அவற்றின் குவிப்புறம் ஒன்றையொன்று நோக்கியிருக்குமாறு, அவற்றின் தனித்தனிக் குவிதூரத்தில் மூன்றில் இரண்டு பங்கு தூரத்தில் அமைந்திருக்கும். இதில் ஒன்றைக் கண்வில்லை என்றும் மற்றதைக் களவில்லை (field lens) என்றும் சொல்வர். திரை அவற்றின் தனித்தனிக் குவிதூரத்தில் கால் பங்குதூரத்தில் அமைந்திருக்கவேண்டும்.



படம் 201

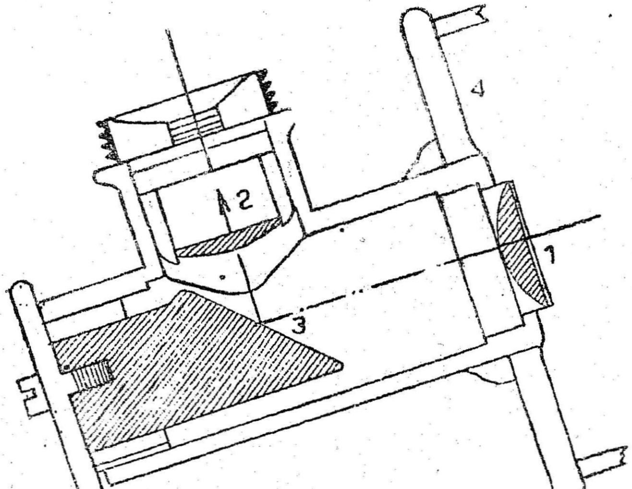
திரையில் விழும் கீழ்த்தலை உருவம், அதே நிலையில் பெரிதாகத் தெரியும். உருவம் தலைகீழாகத் தெரிவதுதான் இதிலுள்ள தீமை ஆகும். நன்மைகளாவன : 1. தொலைநோக்கியின் நீளம் குறைவு. 2. கதிர்களின் வெளிச்சம் குறைவதில்லை.

கா. நேர்உருவில்லை (படம் 202) : இதில் நான்கு சமகுவி வில்லைகள் உள்ளன. அவை 1. கண்வில்லை. 2. களவில்லை. 3. பெருக்குவில்லை. 4. பொருள் வில்லை. இது திரையில் விழும் கீழ்த்தலை உருவத்தை மீண்டும் நேராக்கிக்காட்டுகிறது. கூடுதலாக இன்னும் இரண்டு வில்லைகளின் வழியே கதிர்கள் வருவதால், அதன் ஒளி சற்றே மங்கிவிடுகிறது.



படம் 202

மூலை விட்டக் கண்வில்லை : இது ராம்சதன் கண்வில்லையில் இரண்டு வில்லைகளுக்கிடையில் ஒரு முப்பட்டைக் கண்ணாடியை வைப்பதால் கதிர்கள் நேராகவும் செல்லும், 45° யில் திரும்பியும் வரும் (படம் 203). வானியல் ஆய்வுகளில் மிகவும் உயர்ந்த

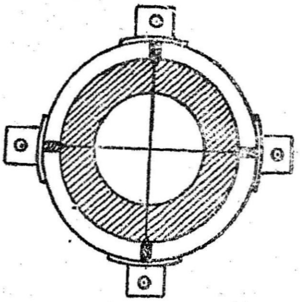


படம் 203

1. களவில்லை. 2. கண்வில்லை. 3. எதிரொளிப்பி, 4. தொலைநோக்கி உடல்.

பொருள்களைப் பார்க்கும்போதும், தரைப் பொருள்களில் மிகவும் அண்மையில் உள்ளவற்றைப் பார்க்கும்போதும் தொலை நோக்கியில் நேராகப் பார்க்க வசதியாக இராது, அப்போது இத்தகைய மூலைவிட்டக் கண்வில்லையைப் பயன்படுத்திப் பக்க வாட்டில் பார்க்கலாம்.

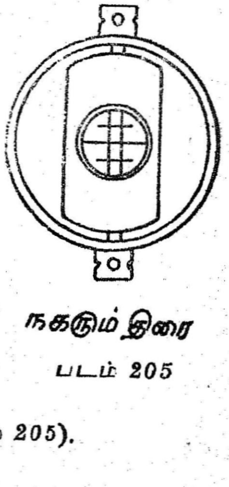
(ஈ) திரை (படம் 204): தொலைவிலுள்ள பொருள்களின் நிழலுரு இக் கண்ணுடித் திரையின்மீது குவிந்து உண்மை உருவாகிறது. இதுவே பின்னர் கண் வில்லையால் பெரிதாகக் காட்டப்படுகிறது. இதில் பித்தளை இழைகளான வளையங்களும் குறுக்குக் கம்பிகளும் இருக்கும். இவற்றைக் குறுக்கிழைகள் (cross hairs) என்பர். இவை கண் வில்லையால் பெருகித் தெரியுமாதலால் மிகவும் நுண்ணியதாக இருக்க வேண்டும். (அ) சிலந்தி வலை, (ஆ) கண்ணுடியிலேயே வரையப்பட்ட கோடுகள், (இ) பிளாட்டினம் நுண்ணிழை, (ஈ) பிளாட்டினம் இரிடியம் புள்ளிகள் ஆகியவை குறுக்கிழைகளாகப் பயன்படுகின்றன. இந்தக் குறுக்கிழை வளையங்கள், தொலைநோக்கியின் உடலுக்கு மேல் உள்ள நான்கு திருகுகளால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. உடலில் உள்ள நான்கு துளைகளின் வழியே இவை செல்கின்றன. துளைகள் சற்றே பெரிதாகவும், மறை இல்லாமலும் இருப்பதால் திரையைச் சற்றே சுழற்றவும் முடியும். மேல் திருகையும், கீழ்த்திருகையும் சேர்ந்தாற்போல திருகி, திரையை மேலேயோ, கீழேயோ நகர்த்த முடியும். அதே போல பக்கவாட்டிலும் நகர்த்த முடியும்.



மிதவைத்திரை

படம் 204

திரையை நகர்த்தும்போது (அ) ஒரு திருகைத் தளர்த்திக் கொண்டபின், எதிர்த் திருகை இறுக்கவேண்டும்; இல்லையானால் திரை நகராது; (ஆ) திரை இறுகிய திருகின் அருகில் நகரும். (இ) திரையை மேலும் கீழும், அல்லது பக்கவாட்டில் நகர்த்தலாம். செங்குத்துக் கோடு செங்குத்தாக இல்லாமலிருந்தால் மட்டும் சற்றே சுழற்றிச் செங்குத்தாக்கலாம். இவ்வாறு இரு அச்சுகளிலும் நகரக்கூடியவற்றை மிதவைத்திரை (floating diaphram) என்பர். பக்கவாட்டில் திருகு இல்லாமல், மேலும் கீழும் மட்டும் திருகுகள் உள்ள திரைகளும் உள்ளன. அவை மேலும் கீழும் மட்டும நகர்த்த முடியும். அதை நகரும் திரை (slide diaphram) என்பர் (படம் 205).

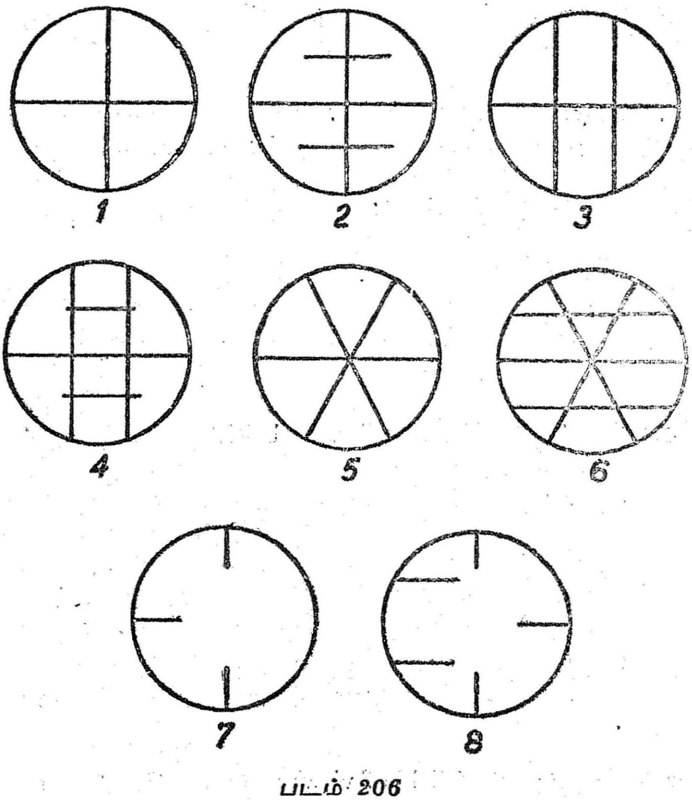


நகரும் திரை

படம் 205

இந்தக் குறுக்கிழைகளை ஏன் நகர்த்தவேண்டும் ?

தொலைநோக்கியில் இரண்டு அச்சுகள் உள்ளன. ஒன்று பார்வை அச்சு மற்றது தொலைநோக்கி அச்சு. பொருள்வில்லை கண்வில்லைகளின் ஒளிமையங்களையும் இணைப்பது தொலைநோக்கி அச்சு. திரையின் குறுக்கிழை, மையம் இந்த அச்சில் அமைய வேண்டும். அப்போதுதான் பொருள் வில்லையின் ஒளி மையத்தையும், திரையின் குறுக்கிழை மையத்தையும் இணைக்கும் பார்வை அசசு, தொலைநோக்கி அச்சின்மீது சருக்காகப் படியும். இவ்வாறு படியவில்லையானால் எடுக்கும் அளவுகள் பிழையுடையவையாக இருக்கும். எனவே திரையின் குறுக்கிழை மையம், தொலைநோக்கி அச்சில் படிவதற்காக, குறுக்கிழைகளை நகர்த்த வேண்டிய தேவை உள்ளது.



படம் 206

206-ஆம் படத்தில் குறுக்கிழை அமைப்புகள் சில காட்டப் பட்டுள்ளன. கிடைக்கோடு மட்டகைக் கம்பத்தில் அளவு படிப்

பதற்கும், செங்குத்துக் கோடுகள், கம்பம் நட்டமாக உள்ளதா எனப் பார்க்கவும் பயன்படுகின்றன. 1,2,4 வகை திரைகள் மட்டைத் தொலைநோக்கிகளில் உள்ளன. 2, 4, 6 வகைகளில் உள்ளது போல கூடுதலாக இரண்டு கோடுகள் கிடைமட்டமாக இருந்தால் அவற்றைக்கொண்டு தூரம் அளக்கமுடியும். அவை (stadia hairs or subtense lines) படுவரை என்றழைக்கப்படுகின்றன. இவை மையக் கிடைக்கோட்டிலிருந்து மேலும், கீழும் சமதூரத்தில் இருக்கும். 2 5,6,7,8 வகைகள் தியோடலைட் தொலைநோக்கிகளில் பயன்படுகின்றன.

தொலை நோக்கியின் தன்மைகள்

1. பொருட்களின் நிழலுரு கோளக்கோட்டம் இல்லாமல் இருக்கவேண்டும். இத்தன்மையை aplanatism என்பர் ஆங்கிலத்தில் கோளக்கோட்டமின்மை என்று சொல்லலாம்.

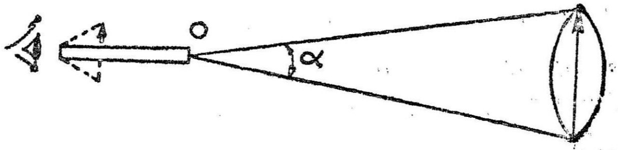
2. நிழலுரு நிறம் பிரியாமல், பொருளைப்போலவே தெரிதல் வேண்டும். இதை நிறம் பிரியாமை (achromatism) என்பர்.

3. தெளிவு (Definition) : பொருளின் ஒரு புள்ளியிலிருந்து வரும் கதிர்கள், நிழலுருவில் ஒரே புள்ளியில் கூர்மையாக இணைந்தால் உருவம் விளக்கமாக இருக்கும். இத்தன்மை தெளிவு எனப்படுகிறது. கண்ணாடி வில்லைகள் தெளிவாகவும் நன்கு தேய்ந்து வழுவழுப்பாகவும் இருக்கவேண்டும். பிற கோட்டங்களும் இலாமலிருக்கவேண்டும்.

4. வெளிச்சம் (Illumination or brightness) : நிழலுருவின் வெளிச்சம், பொருள் வில்லையில் ஒளிவரும் பரப்பு, எத்தனை வில்லைகளின் ஊடே பாய்ந்து வருகிறது. எந்த அளவுக்குப் பெருகித் தெரிகிறது என்பதைப் பொருத்ததாகும். பொருள் வில்லையின் சிறப்பு குறையக் குறைய வெளிச்சமும் குறையும். வில்லைகள் எண்ணிக்கை அதிகமானாலும் வெளிச்சம் குறையும். 15% முதல் 25% வரை, ஒளி, வில்லைகளின் வழியே வருவதால் குறைகிறது. உருப்பெருக்கம் அதிகமானல் வெளிச்சம் குறையும், உருப்பெருக்குதிறனின் இருமடிக்கு எதிர் விகிதத்தில் உருவின் வெளிச்சம் இருக்கும்.

5. காட்சிக்களம் (Field of view) : தொலைநோக்கி மூலமாக எவ்வளவு பரப்பை ஒரே சமயத்தில் பார்க்க முடிகிறதோ, அது காட்சிக்களம் ஆகும். காட்சிக்களம் பொருள் வில்லையில் எத்தனை

பாகையில் கொள்கிறதோ, அதுவே களஅளவு (size of field) ஆகும் (படம் 207). பார்வைக்களம், (அ) பொருள் வில்லையால் கூடுவதில்லை. (ஆ) கண் வில்லையின் விட்டம் கூடினால் களமும்



படம் 207

கூடும். (இ) பொருள் வில்லைக்கும் கண் வில்லைக்கும் உள்ள தூரம் கூடினால், களமும் கூடும். (ஈ) உருபபெருக்குதிறன் கூடக்கூடக் களம் குறையும்.

இயன்றவரை பார்வைக்களம் பெரிதாக இருப்பது நல்லது. அப்போது அளவுக்கம்பத்தை தேடிக்கண்டு அதை நோக்க வசதியாக இருக்கும். பார்வைக் களஅளவு 1° முதல் 2° வரை இருக்கும்.

6. உருப்பெருக்கம் : ஒரு தொலைநோக்கியின் உருப்பெருக்கம், ஒரு பொருள் வெற்றுக் கண்ணால் பார்க்கும்போது உண்டாக்கும் கோணத்திற்கும், அதன் நிழலுரு கண்ணில் ஏற்படுத்தும் கோணத்திற்கும் உள்ள விகிதம் ஆகும். ஒரே தொலைநோக்கியில் பொருள் உள்ள தூரத்தைப் பொறுத்து உருப்பெருக்கத்தில் சிறிதளவு வேறுபாடுகள் இருக்கலாம். அதனால் வெகு தொலைவிலுள்ள பொருள்களைக் கொண்டு உருப்பெருக்கம் கணக்கிடப்படும்.

பொருள் கோணம், பொருள் வில்லையின் குவிய தூரத்திற்கும், உருக்கோணம், கண் வில்லையின் குவிய தூரத்திற்கும் நேர் விகிதத்தில் இருக்குமாதலால், தொலைநோக்கியின் உருப்பெருக்கம், பொருள் வில்லையின் குவிய தூரம், ($கு_1$) கண்வில்லையின் குவியதூரத்தைப் ($கு_2$) போல எத்தனை பங்கு என்பதைப் பொருத்து அமையும்.

$$\text{உருப் பெருக்கம்} = \frac{கு_1 \text{ (பொருள் வில்லையின் குவிய தூரம்)}}{கு_2 \text{ (கண் வில்லையின் குவிய தூரம்)}}$$

உருப் பெருக்கம் ஓரளவு பொருள் வில்லையின் ஒளிபுகும் அளவையும் பொருத்ததாகும். மட்டகைகளின் உருப்பெருக்கம் 20 முதல் 24 வரையும் தியோடலைட் 30 வரையும் இருக்கும்; நுண்ணிய கருவிகளில் 80 வரை கூட இருக்கும்.

தொலைநோக்கியின் உருப்பெருக்கத்தைச் செய்கை முறையிலும் அறியலாம்.

1. மட்டகைக் கருவியை நிறுத்திக்கொண்டு 10 மீட்டர் தூரத்தில் மட்டகைக் கம்பத்தை நிறுத்திக்கொள்க.

2. தொலைநோக்கியுனுள்ளே நிழலுருவை ஒரு கண்ணாலும் மட்டகைக் கம்பத்தை இன்னொரு கண்ணால் நேராகவும் பார்க்கவும்.

3. நிழலுருவில் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு கொள்ளும் கோணத்தில் மட்டகைக் கம்பத்தில் கொள்ளும் அளவைக் கவனித்துக்கொள்க.

4. உருப்பெருக்கம் கம்பத்து அளவை, நிழலுரு அளவால் வகுத்த ஈவு ஆகும்.

நிழலுரு நீளம் $= 0 \cdot 040$ மீ

கம்பத்தில் கொண்ட தூரம் $= 1 \cdot 000$ மீ

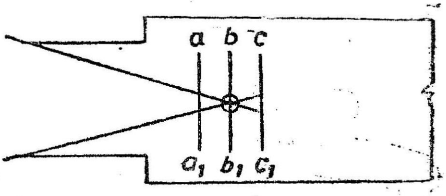
உருப் பெருக்கம் $= \dfrac{1 \cdot 000}{0 \cdot 040} = 25$

இந்த முறையில் கிடைக்கும் விடை, அசல் உருப்பெருக்கத்தை விடச் சற்றே கூடுதலாக இருக்கும்,

குவித்தல் : தொலைநோக்கியில் நிழலுரு தெளிவாகத் தெரியுமாறு ஒளிக்கதிர்கள் சரியானபடி ஒருங்கிணையச் செய்தல் குவித்தல் எனப்படும். கண் வில்லையும், பொருள் வில்லையும் சரியான தூரத்தில் அமையுமாறு செய்தால் நிழலுரு நன்கு குவியும். இதற்கு திரை கண் வில்லையின் குவியமும், பொருள் வில்லையின் குவியமும் இணையும் பொது இடத்தில் திரைக் குறுக்கிழை இருக்க வேண்டும். முதலில் கண் வில்லையைக் குவியப் படுத்திவிட்டுப் பின்னர் பொருள் வில்லையைக் குவியப்படுத்தலாம்.

கண் வில்லையைக் குவியப்படுத்த முதலில், பொருள் வில்லைக்கு முன்னால் ஒரு வெள்ளைத் தாளைப் பிடித்துக்கொண்டு கண்வில்லை வழியாக நோக்கி, குறுக்கிழைகள் தெளிவாகத் தெரியுமாறு கண் வில்லையை முன்னும் பின்னும நகர்த்தி சரியான இடத்தில் இருத்த வேண்டும். இது ஆளுக்கு ஆள், கண்ணுக்குக் கண் வேறுபடும். எனவே ஒவ்வொருவரும் முதலில் தத்தம் கண்களுக்கேற்ப கண் வில்லையை நகர்த்திக் கொள்ளவேண்டும். பிறகு தொலை நோக்கியைப் பொருளின் நேர் திருப்பி, அதன் நிழலுரு

தெளிவாகத் தெரியும் வரை தொலைநோக்கியின் நடுவிலுள்ள குவியத் திருகைப் பயன்படுத்த வேண்டும். புறக் குவித் தொலை நோக்கியாக இருந்தால், அதன் நீளம் கூடி அல்லது குறைவதன் மூலம் சரியானபடி குவியும். அகக் குவித் தொலைநோக்கியாக இருந்தால் உட்குழாயிலுள்ள வில்லையின் இடம் மாறுவதால் சரியானபடி குவியும்.



படம் 208

208 ஆம் படத்தில் நிழலுரு bb_1 என்ற இடத்தில் குவிந்தால் உருத்தெளிவு இருக்கும். மாறாக முன்னதாக aa_1 இடத்திலோ, cc_1 இடத்திலோ இருந்தால் உருத்தெளிவு இருக்காது.

நிழலுரு சரியான இடத்தில் (bb_1) இல் இருக்கும் போது, கண்களை மேலும் கீழும் நகர்த்திப் பார்த்தாலும், நிழலுருக் குறுக்கிழையை விட்டு நகராது அப்படியே இருக்கும். மாறாக முன்னதாகவோ (aa_1) பின்னதாகவோ (cc_1) குவிந்தால், கண்ணை அசைக்கும்போது நிழலுரு குறுக்கிழையை விட்டு நகருவது போலத் தெரியும்.

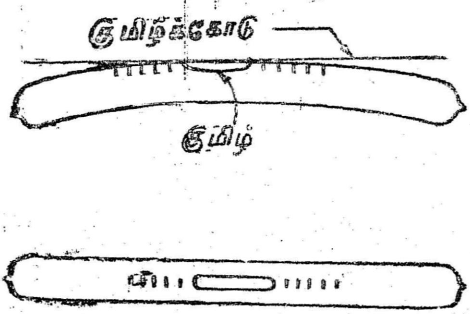
இடமாறு தோற்றப் பிழை (Parallax error) : சரியாகக் குவியப் படுத்தாதலால் நிழலுரு சரியாகத் திரையில் விழாவிட்டால் உரு நகருவதாகத் தோன்றுமென்று மேலே கூறினோம். அப்படி சரியான இடத்தில் குவியாததால் ஏற்படும் பிழை இடமாறு தோற்றப்பிழை எனப்படும். சரியாகக் குவியப்படுத்தி இப் பிழை இல்லாமல் தவிர்க்க வேண்டுவது இன்றியமையாதது.

ரசமட்டம்

நீர்மப் பொருட்கள் எப்போதும் மட்டமாகவே நிற்கும் என்ற கொள்கையைப் பயன்படுத்தும் கருவி ரசமட்டம். இதனுள் ரசம் ஏதுமில்லை. சாராயம் அல்லது ஈதர் இருக்கும். உள்ளிருக்கும் காற்றுக் குமிழ் பாதரசக் குண்டு போலப் பார்ப்பதற்குத் தோன்றுவதால் ரசமட்டம் எனப் பெயர் வந்து விட்டது.

கொத்தனர் கட்டிட மட்டம் காண்பதற்குப் பயன்படுவதிலிருந்து, அளக்கைக் கருவிகளை மட்டப்படுத்துவது வரை எல்லா இடத்திலும் புழங்குகிறது.

ஒரு மூடிய குழாய், பித்தளைப் பாத்திரத்தில் பிளாஸ்டர் மாவு (Plaster of paris) சுற்றி வைத்து கெட்டியானப் பிடிப்புடன் இருக்கும். குழாய்க்குள் சாராயம், அல்லது ஈதர், அல்லது இரண்டின் கலவை, சிறிதளவு காற்றுடன் நிரப்பப்பட்டிருக்கும். காற்றுக் குமிழ் எப்போதும் குழாயின் மேல்நிலையிலேயே இருக்கும்.



படம் 209

முழுக்குழாயோ அல்லது குழாயின் மேல்பாகமோ ஒரு வட்டத்தின் வில் போல அமைந்திருக்கும் (படம்209). குழாயின் மேல்மட்டத்தில் நடுவிலிருந்து இருதிசையிலும் அளவுகள் குறிக்கப்பட்டிருக்கும். இதனால் காற்றுக்குமிழ் நடுவில் இருக்கும்போது குழாய் மட்டமாக இருப்பதை அறியலாம். அதாவது குமிழின் இரு முனைகளும் மையத்திலிருந்து சமதூரத்தில் இருக்கவேண்டும்.

ரசமட்டத்தின் மேற்பகுதியில் மையப்புள்ளியின் தொடுகோடு (tangent) ரசமட்ட அச்சு அல்லது குமிழ்கோடு எனப்படும். குமிழ் குழாயின் நடுவில் இருக்கும்போது இந்த அச்சு மட்டமாக இருக்கும்.

வெப்பம் கூடும்போது, சாராயம் விரிவடைவதால் காற்றுக் குமிழின் நீளம் குறைந்துவிடும். அதனால் குமிழ் மையமாக இருக்கிறதா எனப்பார்க்க இரண்டு முனையையும் பார்க்க வேண்டும்.

சிலவகை ரசமட்டங்களில் குழாயோடு இணைந்து ஒரு தனிக் காற்றறை பொருத்தப்பட்டிருக்கும். அதைப் பயன்படுத்தி குமிழின் நீளத்தை ஒரே அளவாக வைத்திருக்கலாம். இதை காற்றறை ரசமட்டம் (chambered level tube) என்பர்.

வாட்ஸ் கம்பெனியார் ஒரு புதுவகை ரசமட்டம் தயாரித்தனர். அதில் 71% பெட்ரோலியம், ஈதர் கலந்த ஸ்பிரிட்டும் 29% காற்றும் வைத்தனர். நீர்மப் பொருளின வெப்ப விரிவை அதன் நீர்ம நெகிழ்வமுக்கம் (surface tension) ஈடுபடுத்துவதால் இரண்டும் அளவு மாருமல் இருந்தது. இதை மாரு ரசமட்டம் (constant level tube) என்பர்.

வட்ட ரசமட்டம்: இதில் ஒரு கோளத்தின் மேற்பரப்பினுள் சாராயம் அல்லது ஈதர் நிரப்பப்பட்டிருக்கும். ஒரு காற்றுக் குமிழும் உள்ளிருக்கும். மேற்பரப்பில் ஒரு வட்டம் போட்டிருக்கும். குமிழ் வட்டத்திற்குள் இருந்தால் கருவி ஓரளவு மட்டமாக இருக்கிறதென அறியலாம். பெரும்பாலும் கருவிகளின் முக்காலிகளில் அல்லது அடிப்பகுதியில் வட்ட ரசமட்டம் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். அதனுல் முக்காலியை நிறுத்தும்போதே தோராயமாக மட்டமாக நிறுத்தலாம்.

ரச மட்டத்தின் நுண்மை: ரசமட்டத்தின் சாய்வை நுட்பமாகப் புலப்படுத்தும் பண்பை அதன் நுண்மை என்பர். இது ரசமட்டத்தின் வளைவின் ஆரத்தைப் பொருத்ததாகும். வளைவின் ஆரம் 10 மீ முதல் 300 மீ வரை இருக்கும். ஆரம் கூடக்கூட நுண்மை கூடும். ஆரம் கூடினுல் வளைவு குறையும்; குமிழ் நீளமாக இருக்கும்; அதனுல் சாய்வு உடனே தெரிந்துவிடும்.

நுண்மையை அதன் வளைவு ஆரத்தால் அளக்கலாம். அல்லது ரச மட்டத்தில் உள்ள அளவுகளில் குமிழ் ஒரு பிரிவு நகர, மட்டக்கோடு எவ்வளவு கோணம் சாய்கிறது என்பதால் அளக்கலாம். ரசமட்டத்தின் ஒரு பிரிவு வளைவின் மையத்தில் எவ்வளவு கோணம் கொள்கிறது என்பதாலும் அளக்கப்படுவதுண்டு. 2 மிமீ பிரிவு சுமார் 8 முதல் 45 நொடி கோணம் வரை கொள்ளும். நுண்மை ஓரளவு இருந்தால் போதுமானது. மிகவும் நுண்ணியதாக இருந்தால் மட்டப் படுத்துவதற்கு கூடுதல் நேரம் பிடித்துப் பொழுதை வீணுக்கும், அதனுல் பார்வையின் துல்லியம் ஒன்றும் கூடிவிடாது.

மட்டகையில் பயன்படுபவைகளில் முதன்மையானவை: 1. மட்டகி 2. மட்டகைக் கம்பம்.

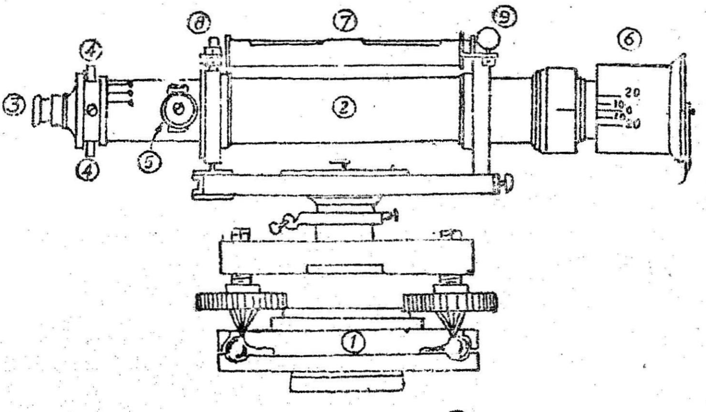
மட்டகி கிடைமட்டக் கோட்டையும், மட்டகைக் கம்பம் அக்கோட்டின் கீழே தரை எவ்வளவு ஆழத்தில் இருக்கிறது என்பதையும் காட்டுகிறது.

மட்டகைக் கருவிகள் ஆங்கிலத்தில் Level எனப்படுகின்றன. ரசமட்டத்தையும் Level என்றே சொல்வர். தமிழில் மட்டம் பார்க்கும் கருவியை மட்டகி என அழைக்கலாம். குழப்பம் குறையும். மட்டகிகள் பலவகை உண்டு. அவை 1. டம்பி

மட்டகி (Dumpy Level), 2. கவை மட்டகி (Wye r Y Level), 3. கூக்கின் திருப்பு மட்டகி (Cooke's Reversibl Level), 4. குரிங்கின் மட்டகி, 5. சாய்க்கும் மட்டகி (Modern or Tilting Level).

மட்டகியின் உறுப்புகள் : மட்டப்படுத்தும் திருகுகள், தொலைநோக்கி, ரசமட்டம், முக்காலிகள் முதலியன. மேற்கண்ட பல வகை மட்டகிகளில் வேறுபாடு முழுவதும் தொலைநோக்கி பொருத்தப்பட்டுள்ள விதத்தைப் பொருத்ததேயாகும்.

1. டம்பி மட்டகி: இதில் தொலைநோக்கி பிரிக்க முடியாதவாறு கெட்டியாக உள்ளது. எளிய வகையைச் சேர்ந்தது. சுழற்றவோ, திருப்பவோ, கழட்டவோ முடியாது.



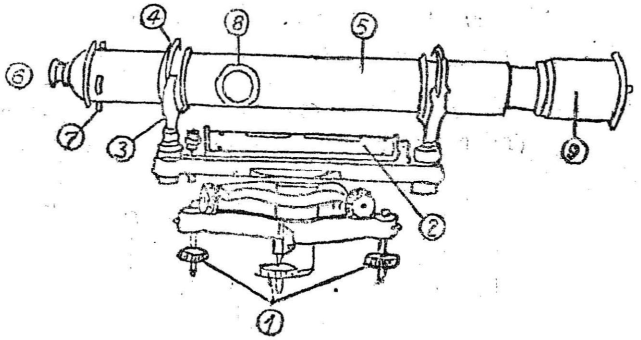
டம்பி மட்டகி

படம் 210

1. அடிப்பீடம் 2. தொலைநோக்கி 3. கண்வில்லை 4. திரை 5. குவியத்திருகு 6. நிழற்குழாய் 7. ரசமட்டம் 8. ரசமட்டத்திருகு 9. குறுக்கு ரசமட்டம்

2. கவை மட்டகி : இதில் தொலைநோக்கி இரண்டு கவைகளால் (y) தாங்கப்பட்டுள்ளது. கவையைப் பிரித்து, தொலைநோக்கியை எதிர் திசையில் மாற்றிவைக்க முடியும். இவ்வாறு திசைமாறும் தொலைநோக்கி உள்ள மட்டகிகளின் (3 & 4) ஆதாயம் என்னவெனில் நிலையான சரியாக்கங்கள் எளிதாகவும் வேகமாகவும் செய்யலாம்; ஆய்வுக்கூடத்திற்குள்ளேயே செய்ய முடியும் என்பவைதாம் (படம் 211).

3. கூக்கின் திருப்பு மட்டகி : முதலிரண்டு வகைகளின் நல்ல கூறுகளை இணைத்து இது செய்யப்பட்டுள்ளது. இறுக்காணி (3)

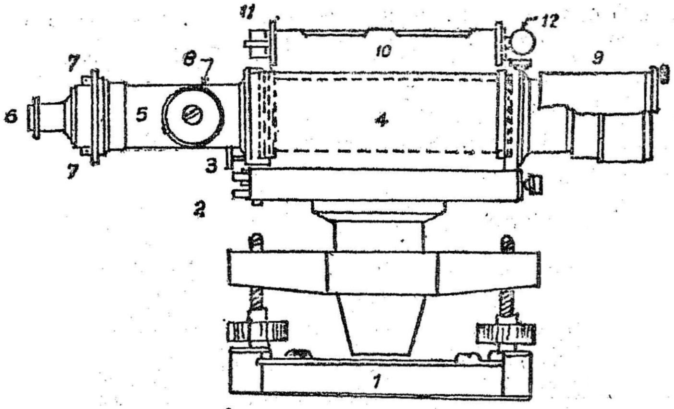


கவை மட்டகி

படம் 211

1. அடித்திருகுகள் 2. ரச மட்டம் 3. கவைகள் 4. பிடிப்பிகள் 5. தொலைநோக்கி
6. கண்வில்லை 7. திரைத்திருகுகள் 8. குவியத திருதுகள் 9. நிழற்குழாய்

யைத் தளர்த்தி, தொலைநோக்கியைத் தன் அச்சிலேயே சுழற்ற முடியும். எடுத்துத் திருப்பியும் வைக்க இயலும். ஓரளவு கெட்டித் தன்மை உடையது.



கூக்'கின் திருப்பு மட்டகி

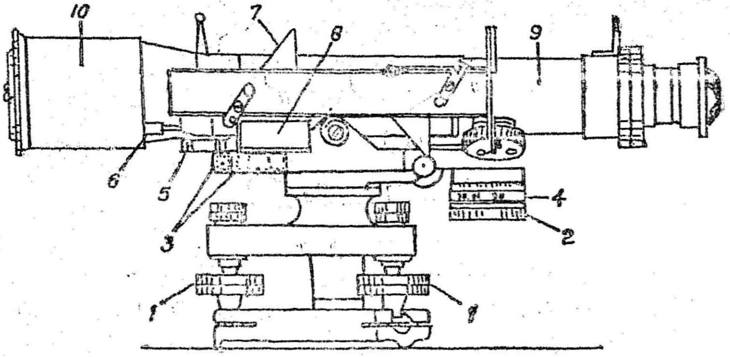
படம் 212

1. அடிப்பீடம் 2. Limbe nuts 2. இறுக்காணி 4. தாங்கி 5. தொலைநோக்கி
6. கண்வில்லை 7. திரைத்திருகு 8. குவியத்திருகு 9. நிழற்குழாய் 10. ரச மட்டம் 11. குறுக்கு ரச மட்டம்

4. குசிங்கின் மட்டகி ; இதில் நோக்கியைத் திருப்பவோ, எடுக்கவோ இயலாது. ஆனால் கண்வில்லையை (திரையுடன்) யும்,

பொருள்வில்லையையும் தனியாகக் கழற்றி முனைமாற்றிப் பொருத்திக்கொள்ளும் வகையில் உடல்வாகு அமைந்துள்ளது.

5. சாய்மட்டகி : இதில் தொலைநோக்கியின் அடியில் ஒரு நுண்ணளவி (micrometer) திருகு மூலம் ஒரு முனையை மேலும்



சாய்க்கும் மட்டம்

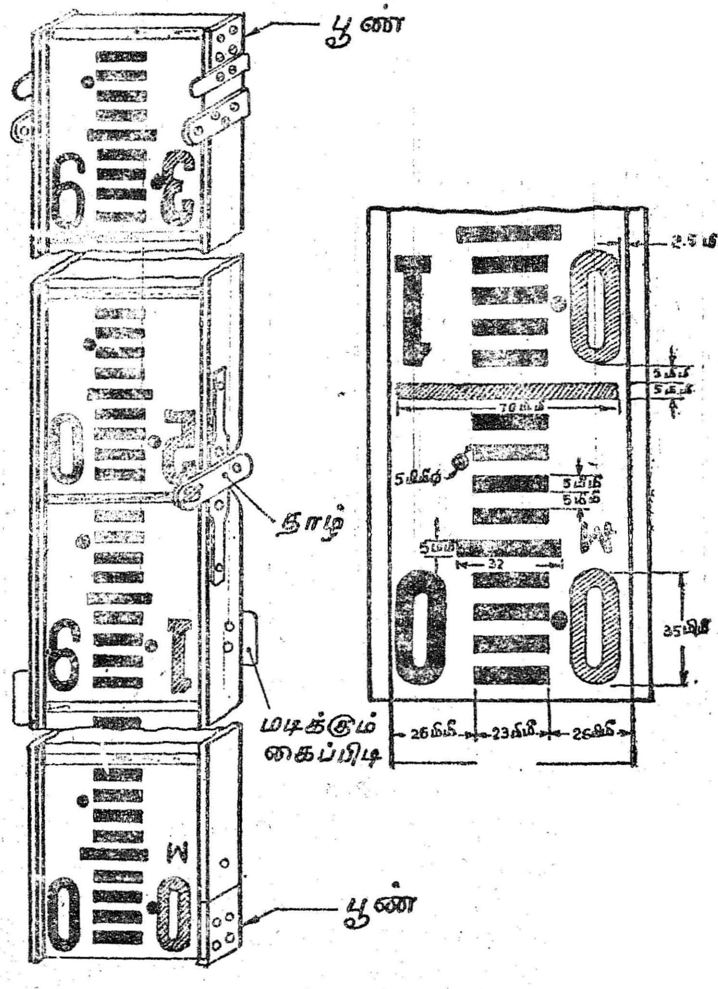
படம் 21

1. மட்டப்படுத்தும் திருகுகள் 2. நுண்ணளவித் திருகு 3. குறுக்கு ரச மட்டம் 4. அளவுகள் 5. வரித்திருகு 6. இறுக்குத் திருகு 7. பட்டகம் 8. எதிரொளிப்பி 9. தொலைநோக்கி 10. நிழற்குழாய்

கீழும் நகர்த்தலாம். ஒவ்வொரு பொருளைப் பார்க்கும்போதும் மட்டப்படுத்திக் கொள்ள வேண்டும். நுண்ணிய மட்டகைகளுக்கு இது பயன்படுகிறது.

மட்டகைக் கம்பங்கள்

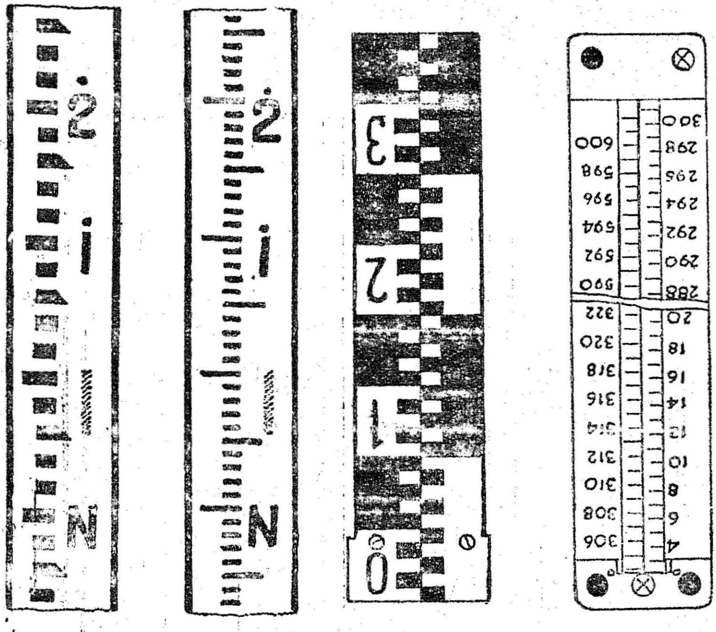
4. மீட்டர் மட்டகைக் கம்பம் : இந்தியத்தரம் 1779-1961 இல் இதற்கான முழு விவரங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. நன்கு பதப்படுத்தப்பட்ட சைப்ரஸ், நீலப்பைன், டோடர் மரங்களினால் இக்கம்பம் செய்யப்படுகிறது. இக்கம்பத்தின் அகலம் 75மிமீ, தடிப்பு 18மிமீ. இரண்டு மீட்டர் துண்டுகளாலான இரண்டு பகுதிகள் ஒன்றுடன் ஒன்று இணைக்கும் வகையில் அமைந்துள்ளன. அவைகளை அவ்வப்போது இணைத்துப் பின்னால் பூட்டிக் கொள்ளலாம். வேண்டாதபோது தனித்தனியாகப் பிரித்துப் பயன்படுத்தலாம். பூட்டிய நிலையில் இரண்டு துண்டுகளும் கெட்டியாகவும் நேராகவும் இருக்கும். இதன் பின்னால் கம்பம் நேராக உள்ளதா என்று பார்க்க ஒரு வட்ட ரசமட்டம் உள்ளது. இதன் நுட்பப் பண்பு 25 நிமிடம்.



படம் 214 a & b

அளவுகள் : ஒவ்வொரு மீட்டரும் 200 பிரிவுகளாகப்பிரிக்கப் பட்டு ஒரு பிரிவு 5 மிமீ அளவுள்ளதாக இருக்கும். படம் 214 b யில் ஒரு கம்பத்தின் படம் காண்க. டெசிமீட்டரைக் காட்டும் கோடுகள் சிவப்பிலும், பிறகோடுகள் கருப்பிலும் உள்ளன. இவை வெள்ளைப் பின்னணியில் அமைந்துள்ளதால் தெளிவாகத் தெரியும். மீட்டரைக் குறிக்கும் எண்கள் வலது பக்கத்தில் சிவப்

பிலும், டெசிமீட்டரைக் குறிக்கும் எண்கள் இடது பக்கத்தில் கருப்பிலும் இருக்கும். எண்கள் தலைகீழாக எழுதப்பட்டுள்ள தால், தொலைநோக்கியில் நேராகத் தெரியும்.



a b c d

படம் 215

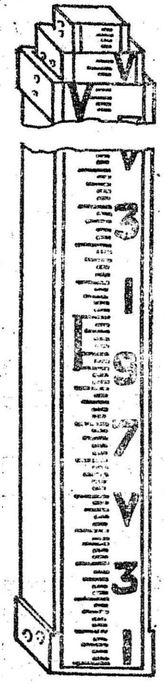
படம் 215 *a*, *b*, *c*, *d* ஆகியவற்றில் வேறு சிலவகை அளவுக் கம்பங்கள் காட்டப்பட்டுள்ளன.

(*a*) வகையில் மீட்டர், டெசிமீட்டர், சென்டிமீட்டர் குறிகள் மட்டும் உள்ளன. (*b*) யில் ½ சென்டிமீட்டர் வரை உள்ளன. (*c*) வகையில் தாயக்கட்டம்போல வெள்ளையும் கருப்பும் மாறி மாறிஉள்ளதால் எல்லா இடத்திலும் தொலைநோக்கியின் குறுக் கிழை ஒரு வெள்ளைக் கட்டத்தின் மேலேயே இருக்கும்.

இன்வர் துல்லிய மட்டகைக் கம்பம் : மிகத் துல்லிய அளக்கை களுக்கு இது பயன்படுகிறது. இதன் நீளம் 3 மீட்டர். ஒவ்வொரு அளவிலும், ஓர் இருப்புத்தகடு வைத்து அதன் மேலேயே இக் கம்பம் வைத்து அளவு பார்க்கப்படுகிறது. கம்பத்தை நேராக நிறுத்துவதற்கான ஏற்பாடுகள் உள்ளன. அளவு பொறிக்கப் பட்ட இன்வர் நாடா அப்பகுதியில் இறுக்கமாக பொருத்தப்

பட்டிருக்கும்; மேல் பகுதியில் வில் (spring) கொண்டு இணைக்கப் பட்டிருக்கும். அதனால் கம்பத்தின் விரிவுகள் நாடாவைத் தாக்காது. 215ட யில் உள்ளவாறு அளவுகள் பொறிக்கப்பட்டிருக்கும். மீட்டர், டெசிமீட்டர், சென்டிமீட்டர் பட்டைகளுடன் மிமீயும் செதுக்கப்பட்டிருக்கும். தொலைநோக்கியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள இணைத்தகட்டு நுண்ணளவி (parallel plate micrometer) யால் அளவுகளை மிகத்துல்லியமாக எடுக்கலாம்.

செருகு கம்பம் : ஒன்றுக்குள் ஒன்று உள்ளே செல்லுமாறு மூன்று கம்பங்கள் இருக்கும். அவற்றை நீட்டி விட்டபின் அவற்றின் பின்னுலுள்ள பித்தளை வில் அவற்றை நேராகப் பிடித்துக்கொள்ளும். இதன் முனைகள் பித்தளைக் கவசங்களால் பாதுகாக்கப்பட்டுள்ளன.



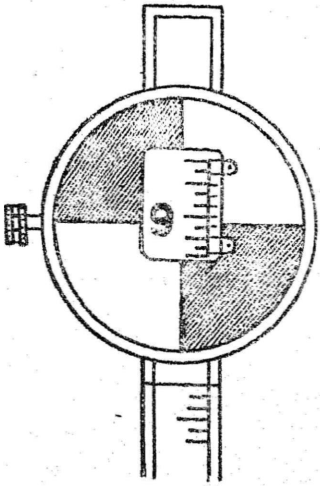
மெட்ரிக் அளவு வருமுன்னர் இருந்தவை எல்லாம் இத்தகைய கம்பங்களே. 216ம் படத்தில் காட்டியுள்ளதுபோல அடி, அதன் பத்தின் பாகங்கள், நூறின் பாகங்கள், வெள்ளை, கருப்பில் மாறி மாறி வரையப்பட்டிருக்கும். எண்கள் நேராகவே இருக்கும். தொலைநோக்கியில் தலை கீழாகத் தெரியும். எண்களின் தலைப்பு (.) அது சுட்டும் அளவோடு பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இது 14 அடி நீளம் இருக்கும். மெட்ரிக் அளவுக் கம்பங்கள் 4 மீட்டர் இருக்கும்.

10 அடிக்கம்பம் ! செருகு இல்லாமல் ஒரே கம்பமாக 10 அடி கம்பங்களும் உள்ளன. மடித்துக்கொள்ளும் வகையில் இரண்டாக இருப்பவை கூட உண்டு.

படம் 216

இலக்குக் கம்பம் (பிலடெல்பியா கோல்) (படம் 217) : இது ஒன்றின்மேல் ஒன்று நகரக்கூடிய இரண்டு கோல்களால் ஆனது. இதில் ஓர் இலக்கு இருக்கும். பார்வைக் கோட்டில் அது இருக்குமாறு மேலும் கீழும் நகர்த்தலாம். இதில் கம்பம் அடியில் நூறில் ஒரு பங்காகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. பின்னுலுள்ள வெர்னியரின் உதவியால் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கையும் மிகவும் துல்லியமாக அளக்கலாம்.

மட்டகைச் சாதனங்கள் ; 1 மட்டகி. 2 மட்டகைக்கம்பம். 3. நாடா (தேவையான இடத்தில் நீளம் அமைக்க). 4. களச் சுவடி.


படம் 217

மட்டகியைப் பெட்டியிலிருந்து எடுத்தல் : மட்டகிப்பெட்டியில் கண் வில்லை, பொருள் வில்லை இவைகள இருக்கும் திசை குறிக்கப்பட்டுள்ளதா எனப் பார்க்க வேண்டும். குறிக்கப்படாதிருந்தால் கருவியை வெளியே எடுக்குமுன் அவைகளைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். அப்போது தான் திருப்பி வைக்கும்போது எளிதாக வைக்கமுடியும்.

மட்டகியின் சரியாக்கங்கள் : மட்டகிக்கான சரியாக்கங்கள் இரண்டுவகை. 1. தற்காலிக சரியாக்கம். 2. நிலையான சரியாக்கம். இதில் தற்காலிக சரியாக்கங்கள் ஒவ்வொரு தடவையும் மட்டகியை நிறுத்தியதும் அளவு எடுக்குமுன் செய்ய வேண்டியது. நிலையான சரியாக்கம், ஒரே வழி கருவியில் பிழை என்பது தெரிந்தால் அதைச் சீராக்குவதாகும்.

தற்காலிக சரியாக்கம் : கருவியை நிறுத்துதல், தொலைநோக்கியில் இடமாறு தோற்றப்பிழை இல்லாமல் குவியப்படுத்துவது ஆகியவை அடங்கும்.

நிறுத்துதல் : (1) கருவியை முக்காலியில் பொருத்துதல்: முக்காலியைப் பிரித்து நிறுத்திக்கொள்க. அதன் மறையில் இருக்கும் மூடியைக் சுழற்றிக்கொள்க. பெட்டியைத் திறந்து மட்டகியின் தொலைநோக்கியை இடது கையால் பிடித்துத் தூக்கி, முக்காலியின் திருகில் வைத்துககொள்க. வலது கையால் அடிப்பகுதியை மட்டும் திருகில் இறங்குமாறு சுழற்றுக. இறுகத் திருக வேண்டும். இப்போது முக்காலியின்மீது கருவியைப் பொருத்தியாயிற்று.

முக்காலியை நிறுத்துதல் : முக்காலியின் கால்களை நன்கு பரப்பி கருவி கண்களுக்கு வசதியான உயரத்தில் வருமாறு நிறுத்துக. மட்டப்படுத்தும் திருகுகள் மூன்றையும் அந்தந்த

மறையில் நடுவில் இருக்குமாறு சுழற்றிக் கொள்க. மட்டப் படுத்தும் திருகுகளை அடித்திருகுகள் எனலாம். முக்காலியின் இரண்டுகால்களை முதலில் நிலத்தில் நன்கு ஊன்றிக் கொள்க. முக்காலியில் வட்டரச மட்டம் இருந்தால் அது வட்டவரைக்குள் இருக்குமாறு மூன்றாவது காலை அகட்டி அல்லது குறுக்கி மட்டப் படுத்திக் கொள்க. வட்டமட்டம் இல்லாதபோது, பெரிய ரச மட்டமும் குறுக்கு ரசமட்டமும் தோராயமாக நடுவில் இருக்கு மாறு நிறுத்தலாம். பின்னர் மூன்றாவது காலையும் நன்று ஊன்றிக் கொள்ள வேண்டும். கால்களிலேயே தோராயமாக மட்டப் படுத்திக் கொண்டால் பின்னர் நேரம் மிச்சமாகும்.

மட்டப் படுத்தல் : அடித்திருகுகள் கருவியை மட்டப்படுத்து வதற்காகவே உள்ளன. தொலைநோக்கியை, முதலில் இரண்டு திருகுகளுக்கு இணையாகத் திருப்பிக் கொண்டு, இரண்டு திருகு களையும் ஒரே சமயத்தில் இரண்டு கைகளாலும் எதிரெதிராகத் திருப்பி, ரசமட்டத்தில் குமிழை நடுவில் வரவழைத்து நிறுத்த வேண்டும். தொலைநோக்கியை 90 பாகையில் திருப்பி மூன்றாவது திருகின்மேல் நிறுத்திக்கொள்க. அந்தத் திருகைத் தேவையான திசையில் திருப்பி, ரசமட்டத்தில் குமிழை நடுவில் வரவழைத்து நிறுத்துக. மீண்டும் பழைய நிலைக்கே, அதாவது இரண்டு திருகு களுக்கு இணையாக முன்னிருந்த இடங்களுக்கே வருமாறு திருப்பி, குமிழ் நடுவில் இருக்கிறதா எனப்பார்த்துக்கொள்க. அவ்வாறு இல்லையானால் மீண்டும், இரண்டு திருகுகளையும் ஒரே சமயத்தில் எதிரெதிர் திசையில் திருகிச் சரிப்படுத்துக. மீண்டும் 90 பாகை பழையபடியே திருப்பி சரியாக்கம் செய்க. மீண்டும் மீண்டும் இவ்வாறு செய்து இரண்டு திசையிலும் மட்டமாக இருக்குமாறு செய்க. கருவியில் பிழை ஏதும் இல்லாமல் இருந்தால் எல்லாத் திசையிலும் மட்டமாக இருக்கும். அதாவது குமிழ் நடுவிலேயே இருக்கும். அவ்வாறு இல்லாவிட்டால் கருவிக்கு நிலையான சரியாக்கம் தேவை என அறிந்துக்கொள்ள வேண்டும்.

சில வகைக் கருவிகளில் நான்கு அடித்திருகுகள் இருக்கும். அப்போது மூலைக்கு மூலை உள்ள திருகுகளுக்கு இணையாகத் தொலைநோக்கியை வைத்துக்கொள்ள வேண்டும். இந்த இரண்டு திருகுகளை ஒரே திசையில் திருப்பவேண்டும். அதாவது "வலது திருகு உள்ளே, இடது திருகு வெளியே" என்று விதி வைத்துக் கொள்ளலாம்.

தற்கால சாய்வு மட்டங்களில் அடித்திருகுகள் இரா. முக் காலியில் உள்ள வட்ட ரசமட்டத்தைப் பயன்படுத்தி தோராயமாக மட்டமாக்கலாம். பின் ஒவ்வொரு அளவிற்கும் நுண்திருகைப் பயன்படுத்தி மட்டப்படுத்திக்கொள்ள வேண்டும்.

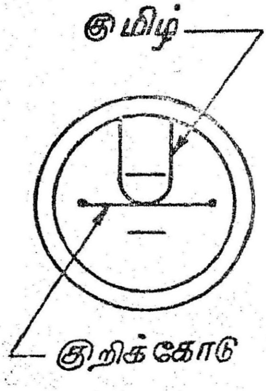
கண் வில்லையைக் குவித்தல் : பொருள் வில்லையின் மூடியைக் கழட்டிவிட்டு, அதன் முன்னால் ஒரு வெள்ளைத் தாளைப் பிடித்துக் கொண்டு, கண்வில்லை வழியாக பாரக்கவும். கண் வில்லை செருகு வகையா, திருகு வகையா எனப் பார்த்துக் கொள்க. குறுக்கிழைகள் தெளிவாகத் தெரியும் வரை, கண்வில்லையை முன்னே, பின்னே நகர்த்துக. இப்படிச் செய்யும் போது கண்வில்லை முழுதும் வெளிவந்து விடாமல் கவனமாக இருக்க வேண்டும்.

பொருள் வில்லையைக் குவித்தல் : மட்டகைக் கம்பத்தை நோக்கித் தொலைநோக்கியைத் திருப்புக. கண்வில்லை வழியாகப் பார்த்து மட்டகை கம்பத்தை குறுக்கிழையின் இரு இணை செங்குத்துக் கோடுகளுக்கு நடுவில் கொண்டு வருக. இறுக்காணி இருந்தால், இறுக்கி நிறுத்தி விட்டு அதன் பக்கத் திருகை (tangent screw) இதற்குப் பயன்படுத்தலாம்.

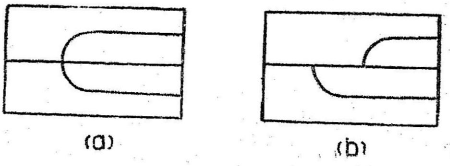
குவிய திருகை இயக்கி உருத்தெளிவு பெறுக. கண்ணை மேலும் கீழும் அசைக்கும்போது கம்பத்தின் உருவம் அசையாமல் இருந்தால் உரு நன்றாக குவிந்துள்ளதென்றும், இடமாறு தோற்றப் பிழை இல்லை என்று அறியலாம்.

சாய்வு மட்டகியை நிறுத்துதல்

1. மட்டகியை கெட்டித்தரையில் நிறுத்திக்கொள்க. குறுக்கு ரசமட்டங்களோ, வட்ட ரசமட்டமோ எதுஉள்ளதோ அதைப் பொருத்து முன்னர் கூறியதுபோல் மட்டப்படுத்திக் கொள்க. இப்போது மட்டகி தோராயமாக குத்தச்சில் சுழலுகிறதென்று பொருள்.



படம் 218



படம் 219

2. திருப்ப மட்டகியாக இருந்தால், இடப்பக்கம் உள்ள முதன்மை ரசமட்டத்தை மட்டப்படுத்திக்கொண்டு, நுண்ணளவியை சுழியில் வைத்துக்கொள்க. முதன்மை ரசமட்டத்தைக் குமிழ் முப்பட்டைக்கண்ணுடி வழியாகத்தெரியும்.

3. தொலைநோக்கியைக் கம்பத்தை நோக்கித் திருப்பிக் குவியப்படுத்துக. அடையாளக்குறியில், குமிழின் முனை வரும் வரை (படம் 218) நுண்ணளவியைத் திருப்புக. வேறு சிலவகை சாய்வு மட்டகிகளில், குமிழ் நெடுவாக்கில் இரண்டாகப் பகிர்ந்து இருக்கும். அதில் இரு பகுதிகளும் ஒன்ருக இணையும்வரை நுண்ணளவியைத் திருப்பவேண்டும் (219 *a* & *b*).

4. பிறகு அளவுகள் எடுக்கலாம். சாய்வு மட்டகிகளில், நுண்ணளவியைச் சுழியில் வைக்கும்போதே ஓரளவு மட்டப் படுத்திக்கொள்ளவேண்டும். அப்போதுதான் குமிழை மையத்தில் கொண்டுவர இயலும். ஒவ்வொரு தடவை கம்பத்தில் அளவு எடுக்குமுன் நுண்ணளவியைத்திருகி குமிழை மையப்படுத்திக் கொண்ட பின்னரே அளவு பார்க்கவேண்டும்.

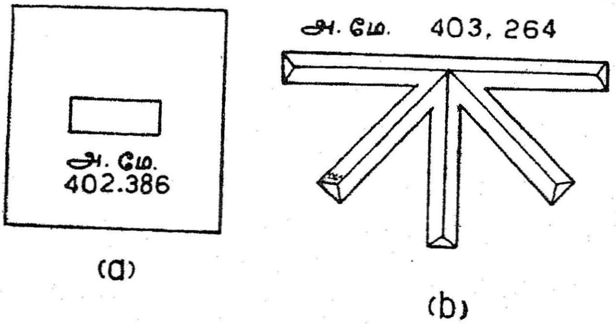
காந்தவட்டை பொருந்திய மட்டகி : சிலவகை மட்டகிகளில், அதன் ஒருறுப்பாக தொலைநோக்கியின் அடியில் காந்தவட்டையும் இருக்கும். வேறு சில வகைளில் காந்தவட்டையை இணைத்துக் கொள்ளும் வகையில் இருக்கும். மட்டகியில் பொருத்தப் பட்டுள்ள காந்தவட்டையில் திசையம் காணும் முறை முன்னரே சொல்லப்பட்டுள்ளது. மீண்டும் நினைவு கூறுவோம். (அ) தொலை நோக்கியைக் கம்பத்தை நோக்கி குவியப்படுத்திக்கொள்க. (ஆ) காந்த ஊசியை விடுவித்து, ஆடி நிற்குமாறு செய்க. (இ) தொலை நோக்கியின் பக்கத்தில் உள்ள அளவு பார்க்கும் முப்பட்டைக் கண்ணுடியை, மேலும் கீழும் நகர்த்தி நன்ருகத் தெரியுமாறு நிறுத்திக்கொண்டு அளவு பார்க்கவும். (ஈ) பின்னர் காந்த ஊசியை இறுக்காணியால் இறுக்கி நிறுத்துக.

அறிமேடை (Bench marks) : மட்டகையில் கடற்சராசரி மட்டத்தை அடிமட்டமாக எடுத்துக்கொள்கிருேம். ஊர் நடுவில் மட்டம் அறிய வேண்டியிருந்தால், ஒவ்வொரு தடவையும் கடற் கரையிலிருந்து மட்டம் எடுத்துக்கொண்டுவர இயலாது. ஆதலால் ஆங்காங்கு சில இடங்களுக்கு முதலிலேயே மட்டம் எடுத்துக் குறித்து வைத்திருப்பர். அந்த இடத்திலிருந்து அருகி லுள்ள மற்ற இடங்களின் மட்டங்களை எளிதில் அறியலாம். அத் தகைய இடங்களை அறிமேடை என்கிருேம். ஏற்கனவே அவற்றின் மட்டங்களை அறிந்து வைத்திருப்பதால் அவற்றை அறிமேடை என்பது பொருந்தும்.

அறிமேடைகள் நான்கு வகைப்படும். (அ) முக்கோணப் பேரளக்கை (Great trignometrical Survey : G. T. S.) அறிமேடை. (ஆ) நிலையான அறிமேடை. (இ) கட்டிலா அறிமேடை. (ஈ) தற்காலிக அறிமேடை.

(அ) G. T. S. அறிமேடை : கராச்சியின் கடற்சராசரி மட்டத்தை அடிமட்டமாக வைத்து இந்தியாவெங்கும் முக் கோணப் பேரளக்கைகள் செய்யப்பட்டன. அதற்கு மிகவும் துல்லியமாக நாடு முழுவதும் அறிமேடைகள் நிறுவப்பட்டன. அவைகள் G. T. S. அறிமேடைகள் எனப்படும். G. T. S. நிலப் படங்களில் இவை குறிக்கப்பட்டிருக்கும். இந்திய அரசின் அளக்கைத்துறை இது பற்றிய அறிவிப்புப் பட்டியல்கள் வெளியிடப்பட்டுள்ளன.

(ஆ) நிலையான அறிமேடை : G. T. S. அறிமேடைகள் அவ்வளவு நெருக்கமாக இருக்காது. அவற்றின் இடையே, பாலங்கள், கட்டிடங்களின் தளமட்டம், சுற்றுச்சுவர் தலைப்பு, வாயில் தூண்கள், கிலோ மீட்டர் கற்கள் போன்ற நிலையான கெட்டி இடங்களில், அவற்றின் அளவுகளை எடுத்துக் குறித்து



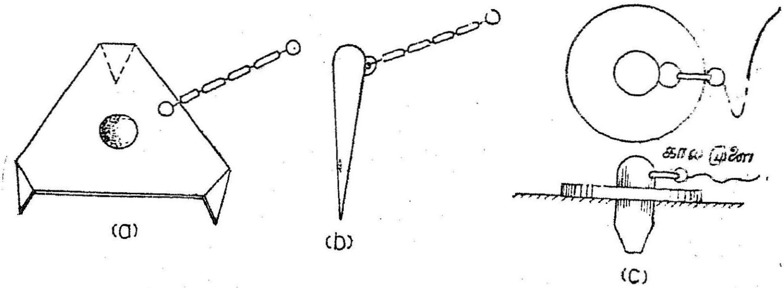
படம் 220

வைத்திருப்பர். பொதுத்துறை அமைப்புகளான, பொதுப்பணித் துறை, நெடுஞ்சாலைத்துறை போன்றவைகள் தங்கள் பணி களுக்காக ஆங்காங்கு நிறுவியிருப்பர். மட்டமான பரப்புகளின் நடுவில் ஒரு சதுரம் வரைந்து அதன் கீழ் அளவு குறித்திருப்பர் (படம் 220*a*) தூண், சுவர்போன்ற பரப்பில், ஓர் அகன்ற அம்புக்குறிமீது கிடைக்கோடு போல் பள்ளம் எடுத்து அதன் பக்கத்தில் மட்டம் குறித்திருப்பர் (படம் 220*b*). B, M. என்ற எழுத்துக்களுடன் குறைந்த மட்டம் (R. L.) எண்களால் குறிக்கப் பட்டிருக்கும்.

(இ) கட்டிலா அறிமேடை: சிறு வேலைகளுக்கு எந்தக் கட்டுப்பாடும் இன்றி அங்கேயே ஒரு கெட்டியான இடத்தைத் தேர்ந்தெடுத்து, அதன் உயரத்தை ஒரு குறிப்பிட்ட அளவாக (10 மீ அல்லது 100 அடி)க் கருதிக்கொள்ளுகிறோம். அத்தகைய இடங்கள் கட்டிலா அறிமேடை எனப்படும்.

(ஈ) தற்காலிக அறிமேடை: ஒரு நாள் வேலை முடியும் போதும் இடையில் நிறுத்தும் போதும் மட்டகையை, அடையாளம் சொல்லக்கூடிய ஒரு கெட்டித்தரையில் வைத்து முடிக்கிறோம். மறுநாள் காலை அதே இடத்தை அடையாளம் கண்டு, அதிலிருந்து தொடங்குகிறோம். இவ்வகை இடங்கள் தற்காலிக அறிமேடைகள் எனப்படும்.

மாறுமேடை (Change point): தொடர் மட்டகையில் கருவியை ஓர் இடத்திலிருந்து மாற்று முன்னரும், அடுத்த இடத்திலிருந்து முதல் அளவும், இந்த இடத்தில் மட்டகைக் கம்பத்தை வைத்து எடுக்கின்றோம். பின்வரும் இடங்களின் மட்ட அளவுகள் இதைப் பொருத்தே இருக்குமாதலால் மாறுமேடையை கவனமாகத் தேர்ந்தெடுக்கவேண்டும். வழக்கம்போல கெட்டித்தரை, கட்டிடங்களின் தளம், முளைத்தலைப்பு போன்றவற்றைப் பயன்படுத்தலாம். ஈரத்தரையாக இருந்தால் கால்த் தகடு (படம் 221a) இரும்பு ஆணி (221b), கால்முளை (221c) போன்றவற்றைப் பயன்



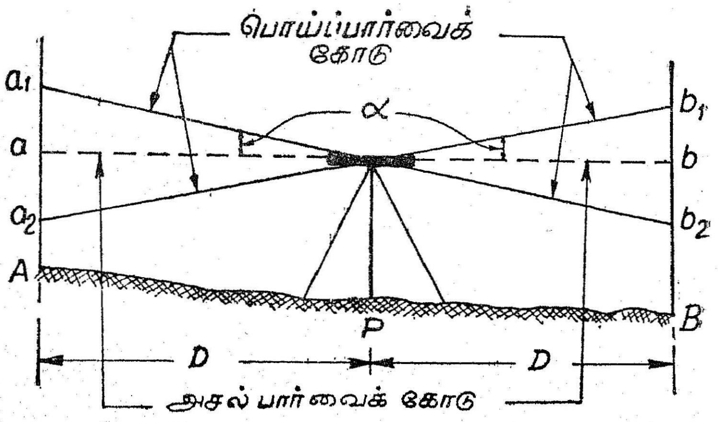
படம் 221

படுத்தலாம். மூன்று முனைகளும். காதுபோல வளைந்துள்ள முக்கோணத் தகடு; நடுவில் இட்லிபோல் உப்பி இருக்கும். அதுவே முக்கோணத்தகடு ஆகும். இரும்பு ஆணி, வெட்டிரும்பு போலச் சற்றே பெரிதாக இருக்கும். தலைப்பு அரைக்கோளம் போல இருக்கும். கால் முளை என்பது ஒரு மரமுளைக்கு வட்டத் தகடு பூட்டியிருக்கும் தலை வழுக்கையாக இருக்கும்; அடி கூராகி

இருக்கும். மேலே கூறிய மூன்றிலும், எடுப்பதற்கு வசதியாக சங்கிலி கோர்த்திருக்கும். அவைகளைக் கீழே நட்டு, காலால் மிதித்து, அதன் மீது கம்பத்தை வைக்கலாம். இடையிலே வரும் அறிமேடைகளையும் மாறுமேடைகளாகப் பயன்படுத்தலாம்.

மட்டகி நிற்குமிடம் : மட்டகிக்கும் பிற அளக்கைக் கருவிகளுக்கும் ஓர் அடிப்படை வேறுபாடு உண்டு. பெரும்பாலும் மற்ற கருவிகளெல்லாம், அளக்கை நிலையங்களின்மேலே வைக்கப்படுகின்றன. ஆனால் மட்டகையில் மட்டகைக் கம்பம்தான் நிலையத்தின்மீது வைக்கப்படுகிறது. மட்டகியை வசதியான வேறு ஓர் இடத்தில்தான் நிறுத்துகிறோம். நிறுத்திய இடத்திலிருந்து நிறைய நிலையங்களை நோக்குமாறு இருந்தால் போதும். இரு மாறு மேடைகளுக்குகிடையில் தோராயமாக நடுவில் இருக்கலாம். கம்பத்து அளவுகள் தெளிவாகத் தெரியும் தூரத்திற்குள் (சுமார் 300மீ) இருத்தல் நல்லது. நிலச் சரிவுகளில் மேட்டுப் பக்கம் குறைந்த தூரம் பள்ளத்துப் பக்கம் அதிக தூரமும் இருக்குமாறு அமைத்தால், மொத்தத்தில் அதிக தூரத்தை ஆளலாம்.

முன் பார்வை, பின்பார்வைகளைச் சமனப்படுத்துதல் ; ஒரு மட்டகையின் தொலைநோக்கியின் பார்வை அச்சும், அதன் ரசமட்ட அச்சும் இணையாக இருக்கவேண்டும். அப்போதுதான்



படம் 222

குமிழ் நடுவில் இருக்கும் போது பார்வை அச்சு மட்டமாக இருக்கும். அவ்வாறு இல்லாவிட்டால் குமிழ் நடுவில் இருக்கும்

போது பார்வை அச்சு ஏற்றக் கோணத்திலோ, இறக்கக் கோணத்திலோ சாய்ந்திருக்கும். இதனால் ஏற்படும் பிழையைத் தவிர்க்க, முன்பார்வை மேடையும், பின்பார்வை மேடையும் கருவியிலிருந்து சமதூரத்தில் இருக்கவேண்டும். எளிய மட்டகைகளில் அளந்தோ, காலடிபோட்டோ தூரத்தை வைக்கலாம். துல்லிய மட்டகை (precise levelling)யில் தொலைநோக்கியின் படுவரை (Stadia reading) அளவுகளால் தூரம் அளக்கப்படுகிறது. முன், பின் பார்வை மேடைகள் கருவியிலிருந்து சமதூரத்தில் இருந்தால் போதும். ஒரே கோட்டில் இருக்கவேண்டியது இல்லை. நிலச் சரிவுகளில் மாறுமேடைகளும் கருவியும் V வடிவில் அமைத்தால் ஏற்புடையதாக இருக்கும்.

222 ஆம் படத்தில் A, B இருபுள்ளிகளின் உயர வேறுபாடு வேண்டுமென வைத்துக்கொள்வோம். இரண்டு கருவியிலிருந்து D தூரத்தில் உள்ளன. apb கருவிமட்டம் ஆகும். a, p யும் b, p யும் பார்வைக்கோடுகள் ஆகும். இரண்டின் இடைக்கோணம் α ஆகும்.

முதல் வகை: பார்வைக்கோடு மேல்நோக்கி உள்ளதாக வைத்துக்கொள்வோம்.

Aa_1 = A யில் பிடித்த கம்பத்து அளவு.

Aa = அசல் உயரம்.

அளவுப்பிழை $= Aa_1 - Aa = aa_1 = D \tan\alpha$

அசல் அளவு $= Aa = Aa_1 - D \tan\alpha$.

இதே போல் B யில் வைத்த கம்பத்தின் அசல் அளவு

$$= Bb_1 - D \tan\alpha.$$

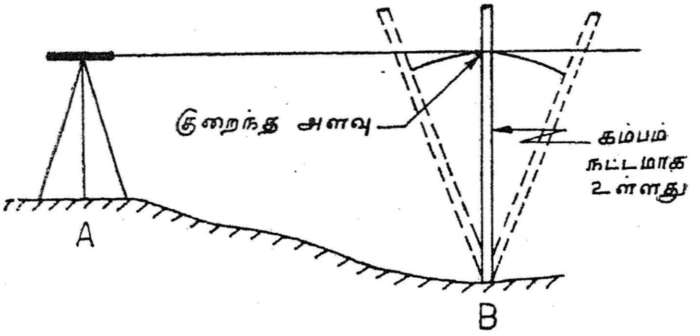
AP, BP தூரங்கள் சமம் ஆதலால் $D \tan\alpha$ இரண்டிற்கும் பொது. $A \backsim B = (Aa_1 - D \tan\alpha) \backsim (Bb_1 \backsim D \tan\alpha)$

$$= Aa_1 - Bb_1$$

எனவே A,B க்கு உள்ள வேறுபாடு, இரண்டுகம்ப அளவுகளின் வேறுபாடு ஆகும். பிழை இங்கு கணக்கில் வராமல் ஓடிவிடுகிறது.

இவ்வாறாக, பார்வைக்கோடு சாய்ந்திருப்பதால் உள்ள பிழை முன்பார்வை, பின்பார்வை நீளங்களை சமமாக வைப்பதால் தவிர்க்கப்படுகிறது. எல்லா இடத்திலும் இதேபோல் செய்து கொண்டிருப்பது இயலாதாகையால் இக்கருவிக்கு நிலையான சரியாக்கம் செய்யவேண்டும்.

கம்பத்தைப் பிடித்தல் : அளவு எடுக்கும்போது மட்டகைக் கம்பத்தை நேராகப் பிடிக்கவேண்டும். கருவியை நோக்கி நின்றுகொண்டு, கம்பத்தைத்தனது இரண்டு கால் கட்டைவிரல் களுக்கிடையில் வைத்துக்கொண்டு, வசதியான உயரத்தில் இருகைகளாலும் பிடித்துக் கொள்ளவேண்டும். மட்டகைக் கருவியில் கம்பம், இரு குத்து குறுக்கிழைகளுக்கு நடுவில் தெரிய வேண்டும். கம்பம் நேராக இல்லையானல் அளவு கூடுதலாகத்



படம் 223

தெரியும். கம்பத்தைப் பக்கவாட்டில் இருதிசையில் ஆட்டிஞல் மிகக்குறைந்த அளவு தெரியும் நிலையே செங்குத்து நிலையாகும் (படம் 223). துல்லிய மட்டகையில், கம்பத்தில் பொருத்தப்பட்ட தூக்குக் குண்டாலோ, வட்ட ரசமட்டம் கொண்டோ நேராகப் பிடிக்கலாம். செருகு கம்பமாயிருந்தால் மேலிரண்டு பகுதிகளும் முழுவதும் வெளிவந்து, பித்தளே வில்லால் நிற்கிறதா எனப் பார்த்துக் கொள்ளவேண்டும். சிலசமயம் நடுப்பகுதி வெளி வராமல் மேல்பகுதி மட்டும் வெளியே வந்து தவருன அளவைத் தந்துவிடும். சிறப்பாக முன்றில் கூரை (canopy) யின் அடி மட்டம் போன்ற தலைகீழ் இடங்களில் மட்டம் பார்க்கும்போது இன்னும் கவனமாக இருக்கவேண்டும்.

மட்டகைக் கம்பத்தில் அளவு படித்தல்

(அ) மட்டகியை நிறுத்தி, மட்டப்படுத்திக் கொண்டபின், கம்பத்தை நோக்கி தொலைநோக்கியை குவியப்படுத்திக்கொள்க. கம்பம் நட்டமாக உள்ளதா எனப்பார்க்கவும்.

(ஆ) திரையின் செங்குத்து இணைக்குறுக்கிழைகளில் நடுவில் கம்பத்தின் நிழலுரு தெரிகிறதா எனப் பார்த்துக்கொண்டு, அவற்றின் நடுவில் இருக்கும் குறுக்குக்கோடு கம்பத்தை வெட்டு

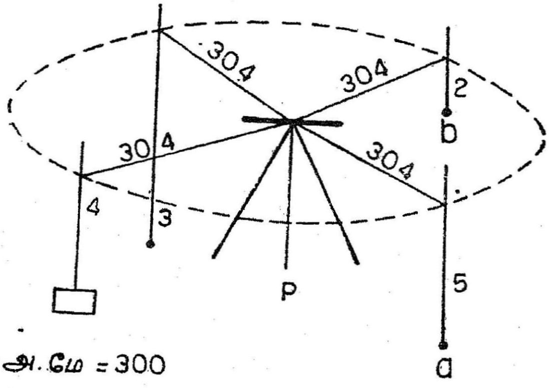
மிடத்தில் உள்ள அளவைப் படிக்கவேண்டும். இரண்டு குறுக்கிழைக்குப் பதிலாக, நடுவில் செங்குத்தாக ஒரு கோடு மட்டுமிருந்தால், கோடு கம்பத்தின் நடுவில் இருக்குமாறு பிடித்து அளக்கவேண்டும். தொலைநோக்கியில் பார்க்கும் போதே கம்பம் நேராக உள்ளதா, இல்லையா எனத்தெரியும். அதற்கேற்ப கம்பத்தாளுக்கு சைகை மூலம் நேராகப் பிடிக்க உத்தரவு தரலாம்.

(இ) ரசமட்டத்தில் குமிழ் நடுவில் உள்ளதா எனப்பார்க்க வெண்டும். அவ்வாறு இல்லாமல் சற்றே நகர்ந்திருந்தால் தொலைநோக்கி அச்சிற்கு மிக அருகில் உள்ள அடித்திருகை மட்டும் சற்றே திருகி, குமிழை மையத்திற்குக்கொண்டுவர வேண்டும். குறுக்கிழை கம்பத்தை வெட்டுமிடத்தில் அளவு பார்க்கவேண்டும். முதலில் சிவப்பு முழு எண்ணையும் பின்னர் கருப்புப் பிரிவு எண்ணையும் பார்த்து மீதியுள்ள கோடுகளை எண்ணிக்கொள்ளவேண்டும். பார்த்த அளவை உள்ளே குறித்துக்கொள்ள வேண்டும்.

கம்பத்தில் எண்கள் நேராக இருந்தால் தொலைநோக்கியில் தலைகீழாகத் தெரியும்; தலைகீழாக இருந்தால் நேராகத் தெரியும். அளவு படிக்குமுன் எண்களின் ஏறுவரிசை தெரிந்துகொண்டு, அந்தத் திசையில் படிக்கவேண்டும்.

இலக்குக் கம்பமாக இருந்தால், கம்பத்து ஆளை இலக்கை மேலும் கீழும் நகர்த்தச் சொல்லி, சரியான மட்டம் வந்ததும் கம்பத்து ஆள் அளவு படித்துக் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும்.

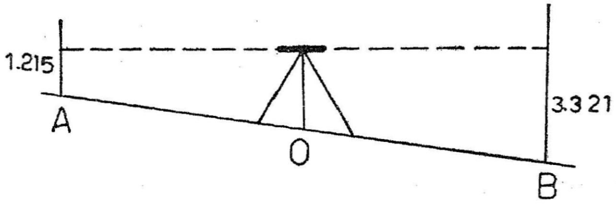
மட்டகைநிரல் : மட்டகியை ஓர் இடத்தில் நிறுத்தி மட்டப்படுத்திய பின்னர், பார்வைக்கோடு கிடைமட்டமாக இருக்கும்.



படம் 224

தொலைநோக்கியை சுழற்றினால், பார்வைக்கோடுகள் படியும் பார்வைச் சமதளம் அமையும். இதுவே கருவியின் உயரம் ஆகும் (படம் 224).

எனவே இந்த மட்டத்திற்குக் கீழே பொருள் எவ்வளவு ஆழத்தில் உள்ளது என்பதைக் கம்பத்து அளவு கூறுகிறது.



படம் 225

எனவே இரண்டு இடங்களின் மேல் உள்ள கம்பத்து அளவின் வேறுபாடே, அந்த இரண்டு இடங்களின் உயர வேறுபாடு ஆகும் (படம் 225).

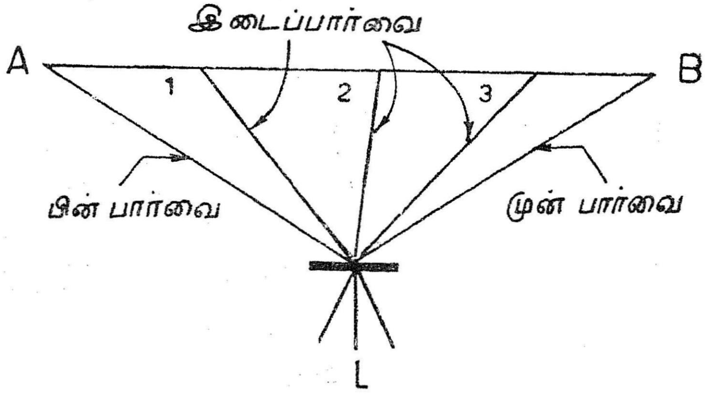
முதலில் கம்பத்தை அறிமேடையின்மீதுவைத்து பின்பார்வை அளவு எடுத்தால் கருவிமட்டம் அறிமேடைக்குமேல் எவ்வளவு உயரத்திலிருக்கிறது என்று தெரியும். அதாவது அறிமேடையின் மட்டத்தோடு, கம்பத்து அளவைக் கூட்டினால், கருவி மட்டத்தின் குறைத்த மட்டம் தெரியும். அடுத்தது உயரம் தெரிய வேண்டிய இடத்தின் மீது கம்பத்தை வைத்து அளவு பார்த்தால், அது கருவிமட்டத்திலிருந்து எவ்வளவு கீழே உள்ளது என்பதை அளவு காட்டும் கருவி மட்டத்திலிருந்து கம்பத்து அளவைக் கழித்தால் புதிய இடத்தின் குறைத்த மட்டம் கிடைக்கும்.

கருவி மட்டம் = பார்வைச் சமதளத்தின் குறைத்த மட்டம்
= அறிமேடையின் குறைத்த மட்டம் + பின் பார்வை அளவு.

புதிய இடத்தின் குறைத்த மட்டம் = கருவிமட்டம் — முன் பார்வை அல்லது இடைப்பார்வை.

இரண்டு அருகிலுள்ள இடங்களின் உயர வேறுபாடு கண்டு பிடிக்க மேலே கூறியது போதும். இதை எளிய மட்டகை (படம் 226) என்பர்.

ஆனால் வேறுபாடு காணவேண்டிய இரு இடங்கள் வெகு தொலைவில் இருந்தாலோ, அவற்றின் உயர வேறுபாடு மிகவும் அதிகமாக இருந்தாலோ, அவை நேருக்கு நேர் இல்லாமல்

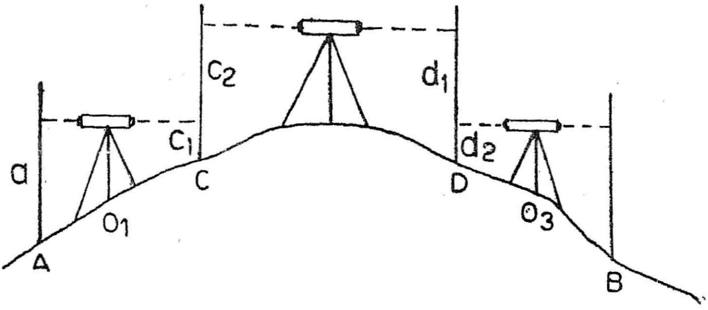


படம் 226

இடையே தடை ஏதாவது இருந்தாலோ, ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட இடத்தில் கருவியை நிறுத்தித் தொடர்ந்து அளவுகளை எடுக்க வேண்டும். இதைத் தொடர் மட்டகை, கூட்டு மட்டகை, வேறுபாட்டு மட்டகை (continuous or compound or differential levelling) என்பர்.

தொடர் மட்டகை நிரல் (படம் 227): முதலில் கூறியதுபோலக் கருவியை நிறுத்தி, மட்டப்படுத்தி குவியப்படுத்திக் கொண்டு, அறி மேடையின்மீது கம்பத்தை வைத்து, பிர் பார்வை அளவு எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். பின்னர் இடையில் வேறு இடங்களின் மட்டம் வேண்டுமானால் அவற்றின் மீதும் கம்பத்தை நிறுத்தி அளவுகள் பார்த்துக்கொள்ளலாம். பின்னர் மாறுமேடை ஒன்று தேர்ந்தெடுத்து அதன் மீது கம்பத்தை வைத்து முன் பார்வை அளவு எடுக்கவேண்டும். மட்டகைக் கம்பத்தை மாறுமேடையிலேயே வைத்துக்கொண்டு கருவியை வேறு இடத்தில் மாற்றிக்கொண்டு நிறுத்தி, மட்டப்படுத்திக் குவியப்படுத்திக் கொள்ளவேண்டும் மாறுமேடையிலுள்ள கம்பத்தை நோக்கி பின்பார்வை பார்த்துக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். அதன் பின்னரே மாறு மேடையிலிருந்து கம்பத்தை எடுக்கலாம். ஆக ஒவ்வொரு மாறு மேடையிலும் முன்பார்வை, பின்பார்வை என இரண்டு அளவுகள் எடுக்க வேண்டும். இப்படியே தொடர்ந்து அளவுகளை எடுத்துச்சென்று கடைசியில் மட்டம் வேண்டும் இடத்தில் கம்பத்தை வைத்து அளவு பார்க்கவேண்டும்.

227 ஆம் படத்தில் A, B புள்ளிகளின் உயர வேறுபாடு தேவை. படத்தைப்பார்த்தாலே Aயிலிருந்து Bயின் மட்டத்தை எப்படி அறியப்படுகிறது என்பது விளங்கும்.



படம் 227

பின்கண்ட குறிப்புகளை நினைவில் கொள்வது நல்லது

1. ஒரு நிலையான அறிமேடையில் தொடங்கி, கடைசியிலும் ஒரு நிலையான அறிமேடையில் முடிப்பது நல்லது.

2. ஓர் இடத்தில் கருவி இருக்கும்போது முதலில் பின் பார்வையும், முடிவில் முன்பார்வையும் இருக்கும்.

3. மாறுமேடையில் ஒரு முன்பார்வையும், ஒரு பின்பார் வையும் வரவேண்டும்.

4. இடம் தாழ்வாக இருந்தால் கம்பத்து அளவு பெரிய தாகவும், மேடாக இருந்தால் அளவு சிறியதாகவும் இருக்கும்.

5. ஒவ்வொரு அளவு எடுக்கு முன்னரும் குமிழ் நடுவில் உள்ளதா எனக் காண்பது மிகவும் இன்றியமையாதது.

6. மாறுமேடையின் தூரம் கருவியிலிருந்து 100மீ க்கு மேல் இருக்கக் கூடாது.

7. இடைப்பார்வை நிலையங்களுக்கு கம்பத்தை மாற்றும் போது கருவி ஒரே நிலையில் இருக்கவேண்டும்.

8. கருவியை ஓரளவு கெட்டித்தரையிலேயே நிறுத்த வேண்டும்.

மட்டங்களைக் குறைத்தல் (Reduction of Levels) : கம்பத்து அளவுகளை ஓர் அடி மட்டத்தோடு ஒப்பீட்டு உயரங்களைக் கணக்கிடுதலை குறைத்தல் என்பர். குறைத்து வந்த மட்டங்களைக் குறைத்த மட்டம் என்பர். இதனால் ஒவ்வொரு இடத்தின் உயரமும் ஒப்பிட்டறியத்தக்க அளவுக்கு ஒரு பொது அடி மட்டத்திலிருந்து எவ்வளவு உயரத்தில் இருக்கின்றன என்று உடனேயே தெரிந்து கொள்ளலாம்.

மட்டங்களைக் குறைப்பதற்கு இரண்டு முறைகள் புழக்கத்தில் உள்ளன.

(1) பார்வைக்கோட்டு முறை அல்லது கருவிமட்ட முறை.

(2) ஏற்ற, இறக்க முறை.

(1) பார்வைக் கோட்டு முறை : இதில் கருவியின் ஒவ்வொரு இடத்திற்கும், முதலில் கருவி உயரத்தைக் குறைத்த மட்டமாக அறிந்துகொண்டு, அதிலிருந்து பிற இடங்களின் மட்டம் அறியப் படுகிறது.

அறிமேடையின் குறைத்த மட்டத்துடன் அதன்மேல் வைத்த கம்பத்தின் பிர்பார்வை அளவைக் கூட்டினால் கருவியின் மட்டம் கிடைத்துவிடும். இதிலிருந்து பிற இடைப்பார்வை அளவுகளையும், முன்பார்வை அளவையும் கழித்து அந்தந்த இடங்களின் குறைத்த மட்டம் அறியலாம். கருவியை அடுத்த இடத்திற்கு மாற்றியதும் மாறுமேடையின் மீது எடுத்த முன்பார்வை அளவை அதன் குறைத்த மட்டத்துடன் கூட்டி பார்வைச் சமதளத்தின் குறைத்த மட்டம் அறியலாம். அதிலிருந்து முன்போலவே இடைப்பார்வை அளவுகளையும் முன்பார்வை அளவையும் கழித்து அந்தந்த இடத்தின் உயரம் அறியலாம். இதுபோலத் தொடர்ந்து செய்து அளவுகளைக் குறைத்த மட்டங்களாக்கிக் கொள்ளலாம்.

கணக்கியல் உறுதிப்பாடு : பின் பார்வை அளவுகளைத் தனியாகக் கூட்டிக்கொள்க. இரண்டு கூட்டுத்தொகைக்கும் உள்ள வேறுபாடு கண்டுபிடித்துக்கொள்க. இதுவும், முதல் குறைத்த மட்டத்திற்கும் முடிவுக் குறைத்த மட்டத்திற்கும் உள்ள வேறுபாடும் சமமாக இருக்கவேண்டும். இது கருவி உயரம், மாறுமேடைகளின் குறைத்தமட்டம் ஆகியவைகளை மட்டும் உறுதி செய்கிறது. இடைப்பார்வை மேடைகளின் அளவுகளை இது உறுதி செய்வதில்லை.

இ. ஏற்ற இறக்கமுறை : கம்பத்து அளவுகளைப் பார்த்ததும் இரண்டாவது இடம், முதல் இடத்தைவிட ஏற்றத்திலிருக்கிறதா, இறக்கத்திலிருக்கிறதா என்று தெரியும். ஏற்றமாக இருந்தால் அளவு வேறுபாட்டை, முதல் குறைத்த மட்டத்துடன் கூட்டி இரண்டாவது இடத்தின் குறைத்த மட்டத்தை அறியலாம். இறக்கமாக இருந்தால் கழித்து அறியலாம். இதே போல அடுத்தடுத்த இடங்களின் குறைத்த மட்டங்களை அறியலாம். இதுவே ஏற்ற இறக்க முறை எனப்படுகிறது.

கணக்கியல் உறுதிப்பாடு : பின்பார்வைகளின் கூட்டுத் தொகைக்கும், முன்பார்வையின் கூட்டுத்தொகைக்கும் உள்ள வேறுபாடு = ஏற்றங்களின் கூட்டுத்தொகைக்கும் இறக்கங்களின் கூட்டுத்தொகைக்கும் உள்ள வேறுபாடு = முதல் குறைத்த மட்டத்திற்கும் கடைசிக் குறைத்த மட்டத்திற்கும் உள்ள வேறுபாடு. எனவே மூன்று வகை உறுதிப்பாடுகள் உள்ளன

Σ பி. பா. — Σ மு. பா. = Σ ஏற்றம் — Σ இறக்கம் = கடைசி கு. ம. — முதல் கு. ம.

இதில் இடைப்பார்வை அளவுகளும் உறுதி செய்யப்படுகின்றன. இவை எல்லாம் வெறும் கணக்கியல் உறுதிப்பாடுகளே. களவேலைகளை எந்த விதத்திலும் உறுதி செய்வதில்லை.

ஒப்புமை : பார்வைக்கோடு முறை, எளியது, வேகமானது; குறைந்த கணக்குகளே உள்ளன. ஆனால் இடைப்பார்வை நிலையங்களின் குறைத்த மட்டத்தில் ஏற்படும் தவறுகள் கண்டுபிடிக்க இயலாது.

ஏற்ற இறக்க முறையில் எல்லாக் குறைத்த மட்டங்களும் உறுதி செய்யப்படுகின்றன.

முதல் முறை கட்டிட வேலைகளுக்கும், குறுக்குவெட்டு அளவுகளுக்கும் பயன்படுகிறது. தொடர்மட்டகை, உறுதிமட்டகை, பிற தலையாயவேலைகளுக்கு இரண்டாவது முறை பயன்படுகிறது.

மட்டகைக் களச்சுவடி : மட்டகைக் களச்சுவடி கையடக்கமான சிறு குறிப்பேடு. அதில் உள்ள கட்டங்கள் இரண்டு வகை குறிப்புகளுக்கும் தனித்தனியாக இருக்கும். அளக்கையாளர் பெயர், உதவியாளர் பெயர், அளக்கை செய்யும் தேதி, கருவியின் எண் போன்ற விவரங்களைத் தெளிவாகக் குறித்துவைக்க வேண்டும்.

அளக்கை, கட்டிடவேலை, வேளாண்மைக் கட்டிடவேலை போன்றவைகளுக்கு இது முதன்மையான ஆவணம் (initial record) ஆதலால், இவை நெடுநாள் பாதுகாத்து வைக்க வேண்டியவை.

அளவுகளைக் குறித்தல் : 1. அளவுகளை, அவை எடுக்கும் நிரல்படி வரிசையாகக் குறிப்பேட்டில் குறிக்கவேண்டும்.

2. முதல் அளவு எப்போதும் பின்பார்வைதான். கடைசி அளவு முன்பார்வைதான்.

3. ஒரு பக்கத்தில் கடைசி அளவு இடைப்பார்வையாக இருந்தால், அதை இடைப்பார்வை முன்பார்வை இரண்டிலும் எழுதிக்கொள்வது பழக்கம். அடுத்த பக்கம் அதையே பின் பார்வை இடைப்பார்வை ஆகியவற்றில் எழுதிக்கொண்டு அந்த வரியின் மீதிக் கட்டங்களை முன்பக்கக் கடைசி வரிபோல எல்லா வற்றையும் எழுதிக்கொள்ள வேண்டும். அதாவது அந்த இடை நிலையம் இரண்டு தடவை பதிவாகிறது.

ஆனால் பழக்கத்தில், இது மேற்கொள்ளப்படுவதில்லை. முன் பக்கம் கிடைப்பார்வையிலேயே எழுதிக்கொண்டு, அடுத்தபக்கம் அதற்கடுத்த அளவை எழுதும் பழக்கமே பொறியாளர்களிடம் நிறைந்துள்ளது.

4. பின்பார்வையும், முன்பார்வையும் ஒரே வரியில் எழுதப் பட வேண்டும்.

5. முன்பார்வைக் கட்டத்திற்கு அடுத்த பக்கத்தில், கருவி மட்டம் எழுதப்படுகிறது.

6. குறிப்புரைக் கட்டத்தில் நிலையங்களின் பெயர், விவரம், அறிமேடை, மாறுமேடை அடையாளம், பிற விவரங்கள் முதலியன குறித்துக்கொள்ள வேண்டாம். தேவைப்பட்டால் சிறுசிறு படங்கள் மூலமாகவும் காட்டலாம்.

சில மாதிரிக் களச்சுவடிப் பக்கங்கள்

1. அ. களச்சுவடி — மட்டகைக் குறிப்பேடு

ஏற்ற இறக்கமுறை — அளக்கையாளர் : பொதுவன்

நாள் : 19-1-1972

பின் பார்வை	இடைப் பார்வை	முன் பார்வை	ஏற்றம்	இறக்கம்	குறைத்த மட்டம்	தொலைவு	குறிப்புகள்
4.50					94·20		அறிமேடை
	4·00		0·50		94·70		நிலையம் 1 வாயில்
	2·05		1·95		96·65		நீ 2
3·32		0.42	1·63		98·28		நீ 3 (மா.மே.)
	2.28		1·04		99·32		நீ 4
0·26		1.54	0·74		100·06		(மா. மே.)
	2.22			1·96	98·10		நீ 5 அல்லிக் குளம்
0.20		4.24		2·02	96·08		நீ 6 (மா.மே.)
	1.08			1·60	94·48		நீ 7
				2·10	92·38		நீ 8
	3·90	4.10		0·20	92·18		நீ 9 மூன்றில்
8.28		10·30	5·86	7·88	94·20		
		8·28		5·86			
		2·02		2.02	2·02		

கணக்கீடுகள் சரியாக உள்ளன.

1. ஆ. மட்டகைக் குறிப்பேடு

பார்வைக்கோட்டு முறை :

பின் பார்வை	இடைப் பார்வை	முன் பார்வை	பார்வை மட்டம்	குறைத்த மட்டம்	தொலைவு	குறிப்புகள்
4·50			98.70	94·20		அறிமேடை
	4·00			94.70		நீ1 வாயில்
	2·05			96·65		நீ2
3·32		0·42	101·60	98.28		நீ3(மா.மே)
	2·28			99·32		நீ4
0·26		1·54	100·32	100 06		மா.மே·
	2.22			98·10		நீ5. அல்லிக் குளம்
0·20		4·24	96·28	96·08		நீ6 (மா.மே2)
	1·80			94·48		நீ 7
	3.90			92.38		நீ 8
		4·10		92·18		நீ9 முன்றில்
8·28		10·30 8·28 2·02		94·20 2 02		

கணக்கீடுகள் உறுதி செய்து கொள்ளப்பட்டுள்ளன.

2. பறல் மட்டகை களச்சுவடி

அளக்கையாளர் : மதுவன்

நாள் : 15-9-72

பின் பார்வை	இடைப் பார்வை	முன் பார்வை	பார்வை மட்டம்	தரை மட்டம்	தொலைவு	குறிப்புகள்
1·750			237.510	235.760		அறிமேடை, தூண், தலை.
1·955	—	2.035	237.430	235.475		
2·005	—	2.875	236.560	234.555		
1·755	—	3.475	234.840	233.085		
2·730	—	4.000	233.570	230.840		
1·855	—	2.730	232.695	230.840		
	—	3.995		228.700		அழகுதொட்டி
12.050 19·110		19·110		235·760		
−7·060				− 7·060		

கணக்கீடுகள் சரியாக உள்ளன.

3. குறுக்குவெட்டு மட்டகை

அளக்கையாளர் : வந்தியத்தேவன்

நாள் : 15-8-72

400மீட்டரில் குறுக்குவெட்டு.

தொலைவுகள் (மீ)		அளவுகள்	பார்வை மட்டம்	குறைத்த மட்டம்	குறிப்புகள்
இடது	வலது				
	0	2.132	428 924	426 792	
	5	2.645		426, 279	
	10	2.893		426.031	
	15	3.125		425.799	
	22	3.634		425 290	
	30	3.826		425.098	
3		2.005		426 919	
8		1·826		425 998	
15		1.644		427.280	
20		1·423		427.501	
30		1.252		427.672	

4. மட்டகைக் கம்பம் தூக்குக் கோட்டிலிருந்து 15 செமீ தள்ளியுள்ள போது எடுத்த அளவு 3·455 மீ. அதன் சரியான அளவைக் காண்க.

$$\text{சரியான அளவு} = \sqrt{3 \cdot 455^2 - 0 \cdot 15^2}$$

$$= \sqrt{11 \cdot 9145}$$

$$= 3 \cdot 452$$

5. ஒரு 4 மீ மட்டகைக் கம்பம் சாய்வாகப் பிடிக்கப் பட்டிருந்தபோது, அதன் மேமட்டம் 50 செமீ தள்ளியிருந்தது. அதில் பார்த்த அளவு 2 748. சரியான அளவு காண்க.

4மீ உயரத்தில் தள்ளல் 50 செமீ

$$2\cdot748 \text{ மீ} \quad ,, \quad ,, \quad = \frac{2\cdot748 \times 0\cdot50}{4} = 0\cdot3435$$

$$\therefore \text{ சரியான அளவு} = \sqrt{2\cdot748^2 - 0\cdot3435^2} = 2\cdot504$$

6. ஒரு மட்டகை 640·825 அறிமேடையிலிருந்து தொடங் பட்டது. 638.405 அறிமேடையில் முடிந்தது. முன்பார்வை களின் கூட்டுத்தொகை 31 340. பின் பார்வைகளின் கூட்டுத் தொகை 28.890. மட்டகையின் இறுதிப்பிழையைக் கண்டு பிடித்திடுக.

பின்பார்வையின் கூட்டுத்தொகை	= 28·890
முன்பார்வையின் கூட்டுத்தொகை	= 31·340
வேறுபாடு	= −2·450
முதல் அறிமேடை	= 640·825
வேறுபாடு	= −2·450
இறுதி அறிமேடை இருக்க வேண்டியது	= 638.375
ஆனல் அசல் இறுதிமேடை	= 638.405

எனவே இறுதிப்பிழை = 638.405—638.375 = +0.030மீ

7. பின்கண்ட மட்டகை அளவுகள் 30மீ இடைவெளியில் தொடர்ந்து எடுக்கப்பட்டன.

1	2	3	4	5	6
3·995	3·085	3·005	2·695	2·180	2·005
7	8	9	10	11	12
0·750	3·680	4·175	2·995	1·690	0.015
13	14	15			
2·635	1·735	1·005			

நிலம் ஏறுவாட்டத்தில் அமைந்துள்ளது. அளவுகளை சுவடியில் எழுதி முதற் புள்ளிக்கும், இறுதிப் புள்ளிக்கும் உள்ள வாட்டம் கண்டுபிடித்திடுக. முதற் புள்ளியின் குறைத்த மட்டம் 212·777 என எடுத்துக்கொள்க.

சுவடி வடிவம் வருமாறு :

நிலையங்கள்	நீளப்பாடு மீட்டரில்	கம்பத்து அளவுகள்			ஏற்றம்	இறக்கம்	குறைத்த மட்டம்	குறிப்புகள்
		பின் பார்வை	இடைப் பார்வை	முன் பார்வை				
1	0	3 995					212·775	
2	30		3·085		0·910		213·685	
3	60		3·005		0·080		213·765	
4	90		2·695		0·310		214·075	
5	120		2·180		0·515		214·590	
6	150		2 005		0·175		214·765	
7	180	3 680		0·750	1 255		216 020	
8	210		3·175		0·505		216·525	
9	240		2·995		0·180		216·705	
10	270		1·690		1·305		216·010	
11	300	2·630		0·015	1·675		219·685	
12	330		1·735		0 895		220·580	
13	360			1·005	0·730		221·310	
		10·305 1·770 8·535		1·770	8·535 0·000 8·535	0 000	212 775 8·535	

கணக்கீடுகள் சரியாக உள்ளன.

நிலம் ஏறுவாட்டத்தில் அமைந்துள்ளதாகச் சொல்லப்படுகிறது. அதனால் அளவுகள் தொடர்ந்து குறைந்துகொண்டே செல்லவேண்டும். ஏழாவது அளவுக்கடுத்த எட்டாவது அளவு திடீரெனக் கூடுவதால் அது மாறு மேடையாக இருக்கவேண்டும். பனிரண்டிற்கடுத்த பதிமூன்றாவது அளவும் அவ்வாறே மாறு மேடையாக இருக்கவேண்டும். எனவே மீதி உள்ள 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 14 ஆகியவை இடைப்பார்வைகளாக இருக்க வேண்டும்.

மொத்த நீளம் 360மீ. ஏற்றம் = 8.535மீ.

ஏறுவாட்டம் $= \frac{8.535}{360}$ அல்லது 194 க்கு 1

8. கீழ்க்கண்ட மட்டகைச்சுவடியில் காலி இடங்களை நிரப்புக.

நிலையம்	பின் பார்வை	இடைப் பார்வை	முன் பார்வை	ஏற்றம்	இறக்கம்	குறைத்த மட்டம்	குறிப்புகள்
1	1·005					175·003	அறிமேடை
2		2·075				173·995	
3		1 790		0·285	1·070	174·218	
	A		3·915		2·125	172·093	மாறுமேடை
		3·700			2·680	169·413	
		2·720	3 665	0·980		170·393	
	3·125				0 945	169·449	மாறுமேடை
		2·170		0·955		170·403	
			B	1·955		172·358	

விடை : A = 1.020

B = 0·215

கணக்கீடுகளின் சரிபார்க்கை

Σ பின்பார்வை = 5.150
Σ முன்பார்வை = 7.795

வேறுபாடு —2.645

Σ ஏற்றம் = 4.175
Σ இறக்கம் = 6.820

வேறுபாடு —2.645

முதல் குறைத்த மட்டம் = 175.005
இறுதி குறைத்த மட்டம் = 172.360

—2.645

மட்டகை—பலவகை

1. வேறுபாட்டு மட்டகை (Differential Levelling)

தொலைவிலுள்ள இரு இடங்களின் உயர வேறுபாடு அறிவதற்கு வேறுபாட்டு மட்டகை என்பர். ஆங்காங்கு புதிய அறிமேடை அமைத்தல் போன்றவை இதில் அடங்கும். இதன் செய்முறை முன்னரே கூறப்பட்டுள்ளது. தொடர் மட்டகை, கூட்டுமட்டகை என்றும் பறல் மட்டகை (Fly level) என்றும் சொல்வர். இடைப்பார்வை ஏதுமின்றி வேகமாகச் செய்வதால் பறல் மட்டகை எனப்பெயர் பெற்றது (பறல்—பறவை).

2. உறுதி மட்டகை (Check Levelling)

ஏற்கனவே எடுத்த ஒருவரிசை இடங்களின் மட்டத்தை உறுதி செய்து கொள்ள மீண்டும் செய்யும் மட்டகை ஆகும். ஒரு நாள் வேலையின் இறுதியில் மீண்டும் தொடங்கிய இடத்திலேயே முடித்து மட்டகையை உறுதி செய்து கொள்ளலாம். சால்வாய் அமைப்பு போன்றவற்றிற்கு மட்டங்கள் மிகவும் இன்றியமையாதவை. மண்வெட்டுத் தொடங்குமுன் அந்த வழியில் சுமார் 500 மீட்டருக்கு ஓர் அறிமேடையாவது தேவை. அறிமேடைக்கான கற்களை முதலில் நிலத்தில் பதித்து விடுவர். இரண்டு பொதுப் பணித்துறைப் பொறியாளர்கள் இருவர் இரண்டு மட்டகிகளில்

சேர்ந்தாற்போல் மட்டம் எடுப்பர். மட்டகைக் கம்பமும் இரண்டு பயன்படுத்தலாம். இருவரும் ஒரே கம்பத்தில் முதலில் அளவு படிப்பர். அந்தக் சம்பத்தை அதே இட த்தில்நிறுத்திவிட்டு இன்னொரு இடத்தில் வைக்கப்பட்ட கம்பத்தில் அளவு படிப்பர். அங்கேயே மட்டங்களைக் குறைத்து உயர வேறுபாட்டைத் தனித்தனியே கணக்கிடுவர். இரண்டு பேர் கணக்கும் சரியாக இருந்தால் மட்டுமே, முதல் கம்பத்தை அந்த இடத்தைவிட்டு எடுத்து, அடுத்த நிலையத்தில் வைக்கலாம். அளவு ஒன்றிவரா விட்டால், இருவரும் தத்தம் மட்டங்களைச் சோதித்து மீண்டும் அளவ எடுப்பர். இதனை, பிழை வராமல் தடுக்கலாம். இவ்வாறே எல்லா அறிவுமேடைகளின் மட்டங்களையும் அறிந்து பதிவு செய்வர். இதுவும் (Check Level) உறுதி மட்டகை என்றே அழைக்கப்படுகிறது.

3. நெடுகே வெட்டு மட்டகை (Profile Levelling)

ஒரு நேர்க்கோட்டின் மீது, தொடர்ந்து எடுக்கப்படும் உயரங்கள், பின்னர் அக்கோட்டின் வெட்டுப்படத்தை வரையப் பயன்படும் வகையில் எடுக்கப் படுவதை நெடுக வெட்டு மட்டகை (Longitudinal Section) என்பர்.

4. குறுக்கு வெட்டு

ஒரு நெடுங்கோட்டின் குறிப்பிட்ட நீளப்பாட்டில் அதன் இரு பக்கமும் உள்ள நில அமைப்பைஅறிவதற்காக குறுக்கு வசத்தில் மட்டம் எடுத்தல் குறுக்குவெட்டு ஆகும்.

5. எதிரிடை மட்டகை (Reciprocal Levelling)

இரண்டு இடத்தின் உயர வேறுபாடுகளைக் கருக்காகக் கண்டுபிடிக்க மட்டகைக் கருவியை வேறு இடத்தில் நிறுத்தி அறிய முடியாதபோது, மட்டம் தெரிய வேண்டிய இடங்களின் மேலேயே நிறுத்தி மட்டம் பார்த்தல் எதிரிடை மட்டகை எனப் படுகிறது.

6. காற்றழுத்தமானி மட்டகை (Barometric Levelling)

இது காற்றழுத்தமானியின் துணைகொண்டு பல்வேறு இடங் களின் உயரங்களை அறிதல் ஆகும். ஓர் இடத்தின் காற்றழுத்தம் அதன் உயரத்தோடு தொடர்புடையது. காற்றழுத்தம் கண்டு பிடித்து அதன் மூலம் உயரம் கண்டுபிடிக்கலாம்.

7. ஆவியளவி (Hypsometry)

வளிமண்டல அழுத்தம் நிலத்தின் உயரம் கூடக்கூடக், குறைந்து கொண்டே செல்லும். அழுத்தம் குறையக்குறைய தண்ணீர் கொதிக்கும் வெப்பநிலையும் குறைந்துகொண்டே போகும். தண்ணீர் கொதிக்கும் வெப்பநிலையை அறிந்து அதன் மூலம் உயரம் கண்டுபிடிக்கலாம். அதற்குப் பயன்படும் கருவியை ஆவியளவி (hypsometer) என்பர்.

8. கோண கணித மட்டகை (Trigonometric Levelling)

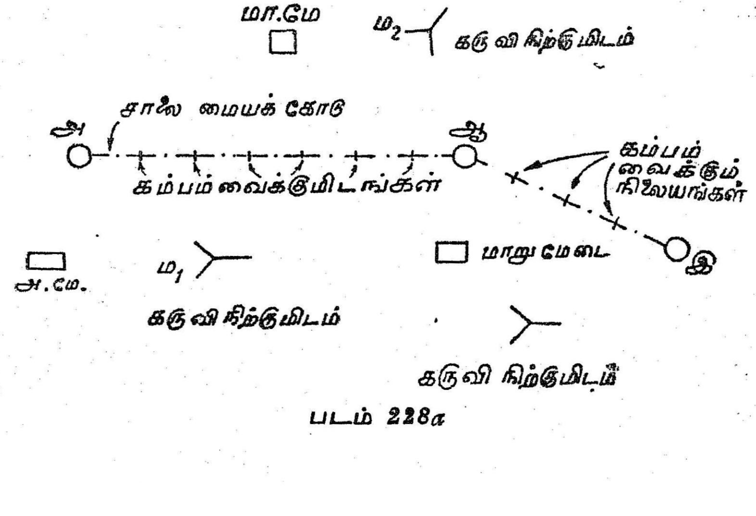
களத்தில் கிடைதூரத்தையும் ஏற்ற இறக்கக்கோணங்களையும் அளந்து அதிலிருந்து உயரம் கண்டுபிடித்தல் கோண கணித மட்டகை எனப்படும்.

நெடுகவெட்டு

ஏற்கனவே தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட கோடு ஒன்றின் மீது, நெடுக மட்டங்கள் எடுப்பதன் மூலம், அதன் நில அமைப்பையும், மேடுபள்ளங்களையும் அறிதல் நெடுகவெட்டு ஆகும். பெரும்பாலும், நெடுஞ்சாலை, கால்வாய், குழாய் வழி போன்றவைகளை அமைப்பதற்கும், அமைத்த பின்னரும் இத்தகைய நெடுவெட்டுகள் தேவைப்படும். ஒரே கோடாக இருக்கலாம் அல்லது தொடர்ந்து உள்ள பல கோடுகளாக இருக்கலாம்.

மட்டகையை ஓர் அறிமேடையிலிருந்து தொடங்கி இன்னொரு அறிமேடையில் முடிப்பது வழக்கம். முடிக்குமிடத்தில் அறிமேடை இல்லையானால் பறல் மட்டகையால் தொடங்கிய இடத்திலேயே முடித்து உறுதி செய்து கொள்ளலாம்

செய்முறை :

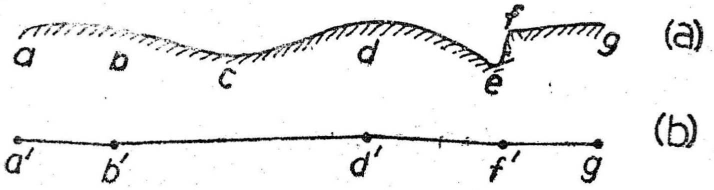


படம் 228அ

அ. ஆ. இ என்ற கோட்டில் (படம் 228) நெடுக வெட்டு தேவை என வைத்துக்கொள்வோம். முதலில் அ. ஆ நிலையங்களிடையே நேர்க்கோடாக நாடா அல்லது சங்கிலியை நீட்டி, அதில் 15மீ அல்லது 20மீ ஒழுங்கான இடைவெளியில் குறித்துக்கொள்க. இந்த இடங்களில் பின்னர் மட்டகைக் கம்பத்தை வைத்து அளவு எடுக்க வேண்டும்.

மட்டகியை வசதியான ஓர் இடத்தில் கெட்டித்தரையில் நிறுத்திக்கொண்டு மட்டப்படுத்திக் கொள்க. அறிமேடையின்மீது கம்பத்தை வைத்து பின் பார்வை எடுத்துக்கொள்க. இதிலிருந்து கருவி மட்டம் தெரியும். கம்பத்து அளவுகளை தொடக்கப் புள்ளி 'அ' விலிருந்து வரிசையாக எடுத்துக் கொண்டே வருக. அவைகளை இடைப்பார்வையாக எழுதிக்கொள்க. குறிப்புரை அல்லது தூரம் என்ற கட்டத்தில் கம்பத்தை வைக்கும் நீளப்பாட்டையும் பிற விவரங்களையும் குறித்துக்கொள்க.

ஒழுங்கான இடைவெளியில் எடுக்கப்படும் இந்தப் புள்ளி களைத் தவிர, தரையில் மேடுபள்ளம் போன்ற தனித்தன்மை வாய்ந்த இடங்களின் நீளப்பாட்டை குறித்துக்கொண்டு அங்கே கம்பத்தை வைத்து அளவும் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். இவ்வாறுள்ள ஒரு சில புள்ளிகள் விடுபட்டாலும், நமது மட்டகை சரியான விவரம் தராததாகிவிடும்.



படம் 228b

228 b படத்தில் c, e புள்ளிகளை விட்டதும், தவறான உருவம் கிடைத்து விடுகிறது.

கருவியை மாற்ற வேண்டியிருந்தால், அதாவது 100 மீட்டருக்கு அப்பால் கம்பத்தை வைக்க வேண்டியிருந்தால், ஒரு நிலையான கெட்டித்தரையில் மாறுமேடை தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். மாறுமேடை வெட்டுக்கோட்டின் மீதே இருக்க வேண்டிய இன்றியமையாமை இல்லை. அதன் மீது கம்பத்தை வைத்து முன்பார்வை பார்த்துக்கொள்க. பிறகு கருவியை

வேறு வசதியான இடத்திற்கு (ம2) மாற்றிக்கொண்டு நிறுத்தி, மட்டப்படுத்திக்கொள்க. பின் மாறுமேடை மேலுள்ள கம்பத்தில் பின்பார்வை எடுத்துக்கொள்க. இதிலிருந்து புதிய இடத்தில் கருவிமட்டம் கிடைத்துவிடும். பின்னர் மட்டகையைத் தொடர்ந்து இ நிலையம் வரை செல்லலாம்.

இந்த வழியில் ஏற்கனவே பறல் மட்டகை மூலம் அறிமேடை ஆங்காங்கு நிறுவியிருந்தால் அவற்றில் மட்டகைக் கம்பத்தை நிறுத்தி உறுதி அளவுகள் எடுத்துக்கொள்ளலாம். அல்லாககால் சுமார் 10 சங்கிலிக்கொரு அறிமேடையாவது நிறுவிக்கொண்டே செல்வது நல்லது. இது பின்னர் பயன்படும். அத்தோடு பறல் மட்டகை மூலம் தொடங்கிய இடத்திற்கே வந்து உறுதி செய்து கொள்வது நல்லது. குறிப்புரைக் கட்டத்தில் சிறுசிறு படங்கள் மூலம் அறிமேடை அமைவு, கோட்டைக் குறுக்கிடும் ஓடைகள், சாலைகள், கால்வாய்கள், பள்ளங்கள் முதலியவற்றை வரைந்து கொள்வது நல்லது.

உருவமட்டகை, அல்லது நெடுக வெட்டில் கவனிக்க வேண்டியவை.

அ. நீளப்பாடு கோட்டின் தொடக்கத்திலிருந்து முடிவுவரை தொடர்ச்சியாக இருக்கவேண்டும்.

ஆ. பின்பார்வை, முன்பார்வை தூரங்கள் ஓரளவு சமமாக இருக்கவேண்டும்.

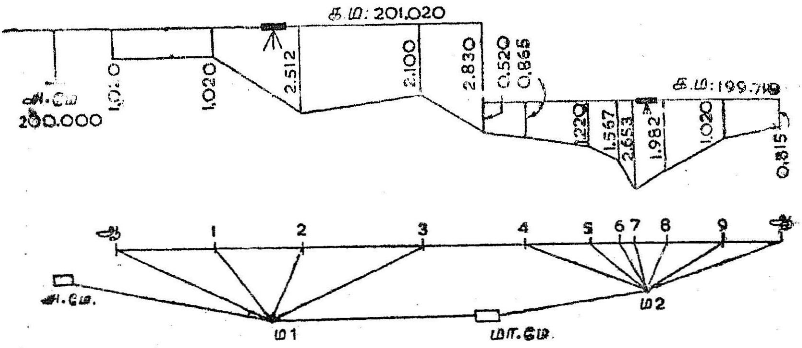
இ. மாறுமேடைகளிலும், அறிமேடைகளிலும் அளவுகளை மில்லிமீட்டர் கருககாகவும், இடைப்பார்வை அளவுகளைச் செண்டிமீட்டர் கருக்காகவும் எடுக்கவேண்டும்.

ஈ. ஒவ்வொரு அளவிலும், சிறப்பாக முன்பார்வை, பின்பார்வைகளில் ரசமட்டக் குமிழ் நடுவில் இருக்கவேண்டும்.

உ. நெடுங்கோட்டில் குறுக்கிடும், இட்டேரிகள், ஒத்தையடிப்பாதைகள், சாலைகள், ஓடைகள் போன்ற விவரங்களை சிறு படங்களுடன் குறித்துக்கொள்ளலாம். அவைகளின் காந்த திசையும் எடுத்தும், அகலங்களை அளந்தும் குறித்துக் கொள்ளலாம்.

நெடுகவெட்டு மட்டகை திரல் (படம் 229) : முதலில் மட்டகை எடுக்கவேண்டிய அளக்கைக் கோட்டை, நேர்காண் கம்புகளின் உதவியால் அமைத்துக் கொள்கிறோம். அந்தக்கோட்டின் முன்

திசையம் எடுத்துக்கொள்கிறோம். மட்டகியை, ஒரு வசதியான இடத் (ம1)தில் நிறுத்தி, கருவியை மட்டப்படுத்திக்கொள்கிறோம். அறிமேடை (அ.மே.) (200·000) மீது மட்டக்கைக் கம்பத்தை வைத்து நட்டயாகப் பிடித்துக்கொள்ளச்செய்து, தொலைநோக்கி



படம் 229

மூலம் அதில் அளவு (1.420) படிக்கின்றோம். இந்தப் பின் பார்வையை 5வது கட்டத்தில் எழுதிக்கொள்கிறோம். கருவியின் உயரம் அறிமேடைக்கு மேல் 1.420மீ உயரத்தில் உள்ளது. எனவே கருவிமட்டம் = 200.000 + 1.420 = 201·420. இதை எட்டாவது கட்டத்தில் எழுதிக்கொள்கிறோம். அறிமேடையின் உயரத்தை 9-வது கட்டத்தில் (200.000 எழுதிக்கொள்கிறோம். குறிப்புகளில் (10வது கட்டம்) 'அறிமேடை' எனக் குறித்துக் கொள்கிறோம்.

அடுத்தது தொடக்கப்புள்ளி 'அ' வின் மீது மட்டக்கைக் கம்பத்தைப் பிடிக்கச் சொல்லுகிறோம். தொலைநோக்கியை அதன் நேர் திருப்பி அளவு (1.020) படிக்கிறோம். அதை ஆறுவது கட்டத்தில் குறித்துக் கொள்கிறோம். இந்த நிலையம் கருவி மட்டத்திலிருந்து 1.020மீ தாழ்ந்து உள்ளதாகப் பொருள். கருவி மட்டத்திலிருந்து இதைக் கழித்தால் அ நிலையத்தின் குறைந்த மட்டம் கிடைக்கும். 201.420 — 1.020 = 200.400 இதை 9வது கட்டத்தில் எழுதிக் கொள்கிறோம்.

ஒவ்வொரு நிலையத்திலும் அளவு பார்க்குமுன் மீண்டும் ரச மட்டத்தின் குமிழ் சரியாக உள்ளதா என்று பார்க்கவேண்டும். சரியாக இல்லாவிட்டால், தொலைநோக்கியின் பொருள் வில்லைக்கு மிக அருகில் உள்ள அடித்திருகைச் சற்றே திருப்பி குமிழை நடுவில்

கொண்டுவர வேண்டும். கருவியில் பிழை இல்லையென்றால், ரச மட்டம் எல்லாத் திசையிலும் மட்டமாக இருக்கும். ரச மட்டத்தில் குமிழ்நிலை மிகுந்த அளவு மாறுவதாக இருந்தால், அதற்கு நிலைத்த சரியாக்கம் தேவை. எடுத்துக்கொண்டிருக்கும் வேலை முடிந்தபின் 'நிலைத்த சரியாக்கம்' செய்துகொண்டு அடுத்த வேலையைத் தொடரவேண்டும்.

அளக்கைக்கோட்டில் வாட்டம் கணிசமாக மாறும் இடங்களில் 1, 2, 3 போன்ற நிலையங்களைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்கிறோம். அவை இடைநிலையங்கள் எனப்படும். அங்கு வைத்து எடுக்கப்படும் அளவுகள் இடைப் பார்வை என்றும் அழைக்கப்படும். இடைப்பார்வைகளை (1·020 2·512, 2·100), கருவி மட்டத்திலிருந்து 201·420 கழித்து, குறைந்த மட்டங்களை (200·400, 198·908, 199·320) கணக்கிட்டு 9 வது கட்டத்தில் எழுதிக்கொள்கிறோம். இந்த நிலையங்களின் தொலைவுகளை தொடர்ச்சியாக அளந்து (14.1மீ, 26.4மீ, 42.0மீ) 2 வது கட்டத்தில் குறித்துக்கொள்கிறோம். கருவிக்கும் மட்டகை நிலையத்திற்கும் இடைவெளி அதிகமாகிவிட்டால், மட்டகியை இடம் மாற்றிக்கொள்வது நல்லது. இடம் மாற்றுமுன், கெட்டித் தரையான ஓர் இடத்தை மாறு மேடை (மா.மே.) யாகத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்ளவேண்டும். இதை அளக்கைக்கோட்டிலேயோ, அல்லது வெளியிலோ தேர்ந்தெடுக்கலாம். அதன் மீது கம்பத்தை வைத்து முன்பார்வை அளவு பார்த்து (0·520 அதை 7 வது கட்டத்தில் எழுதிக்கொள்கிறோம். அதைக் கருவி மட்டத்திலிருந்து. கழித்தால் அதன் குறைந்த மட்டம் (198-590) கிடைக்கும்.

மட்டகைக் கம்பம் மாறுமேடையிலேயே இருக்கும்போது, மட்டகியை வேறு ஒரு வசதியான நிலையத்திற்கு (ம2) மாற்றிக் கொண்டு, நிறுத்தி, மட்டப்படுத்திக் கொள்ளவேண்டும். பின் தொலைநோக்கியை மாறுமேடை மீதுள்ள கம்பத்தின் மீது திருப்பி அளவு (0 520) படிக்கவேண்டும். அதை 5 வது கட்டத்தில் (முன் பார்வை) எழுதிக் கொள்கிறோம். அந்த அளவை மாறு மேடையின் குறைந்த மட்டத்துடன் (198·590) கூட்டிக் கொண்டால் (198·590 + 0·520 = 199·110) புதிய இடத்தில் (ம௨) கருவியின் உயரம் கிடைக்கும். இதை (199·110) எட்டாவது கட்டத்தில் எழுதிக் கொள்கிறோம். பிறகு கம்பத்தை வாட்டம் மாறும் இடங்களான 4, 5, 6, 7, 8, 9 ஆகிய நிலையங்களில் வைத்து, அளவுகள் (0·865, 1·220, 1·567, 2 653, 1·982, 1 020) படித்து 6-வது கட்டத்தில் எழுதக் கொள்கிறோம். அவற்றைப்

நிலையம் 1	தொலைவு 2	திசையம் பின் 3	திசையம் முன் 4	ம. அளவுகள் பின் 5	ம. அளவுகள் முன் 6	ம. அளவுகள் இடை 7	கருவி உயரம் 8	துறைத்த மட்டம் 9	குறிப்பு 10
			220·10	1 420			201·420	200 000	அறிமேடை (200·000)
அ	0				1·020			200 400	
1	14·10				1·020			200·400	
2	26·0				2·512			198·908	
3	42·0				2·100	2·830	199·110	199·320	மாறுமேடை
	—			0·520				198 590	
4	50 0				0·865			198·255	
5	65·4				1·220			197·890	
6	68·6				1·567			197·443	
7	70·8				2·563			196·547	
8	75·4				1 982			197·128	
9	82·6				1·020			198·090	
ஆ	90·0					0·815		198·[illegible]95	
				1 940		3·645		—1·705	
					—1·705				

புதிய கருவி மட்டத்திலிருந்து (199·110), கழித்து குறைத்த மட்டங்கள் (198·225, 197·890, 197·443, 196 547 197·128, 198·090) கணக்கிட்டு, 9 வது கட்டத்தில் குறித்துக் கொள்கிறோம். அவைகளின் தொலைவுகள் தொடர்ச்சியாக அளந்து (50·0, 65·4, 68·6 70·8, 75 4, 82·6) 2-வது கட்டத்தில் குறித்துக்கொள்கிறோம். இறுதி நிலையம் (ஆ) மீது கம்பத்தை வைத்து அளவு படித்து (0·815), அதை பின் பார்வைக்கான 7வது கட்டத்தில் குறித்துக் கொள்கிறோம்.

மட்டங்களின் உறுதிப்பாடு

நாம் எடுத்த மட்டங்கள் சரியாக உள்ளனவா என்று உறுதி செய்துகொள்ள வேண்டியது இன்றியமையாததாகும். மட்டகை முடியும் இடத்திற்கு அருகில் நிலைத்த அறிமேடை ஏதாவது இருந்தால் அதில் முடிக்கலாம். அப்படி இல்லையெனில் பறல் மட்டகை எடுத்துக்கொண்டு சென்று தொடங்கிய அறிமேடையிலேயே முடிக்கவேண்டும். அறிமேடையின் மட்டத்திற்கும், முடிக்கும் போதுள்ள மட்டத்திற்கும் வேறுபாடு இருந்தால் அதை இறுதிப் பிழை என்பர். இறுதிப்பிழை அனுமதிக்கப்பட்ட வரம்புக்குள் இருந்தால், அதற்கேற்ற திருத்தங்கள் செய்து கொள்ளலாம். பிழை வரம்பு கடந்திருந்தால், மீண்டும் செய்த மட்டகையைத் திரும்பச் செய்து தீர வேண்டும்.

கணக்கீடுகளின் உறுதிப்பாடு : முன் பார்வைகளின் கூட்டுத் தொகைக்கும், பின்பார்வைகளின் கூட்டுத்தொகைக்கும் உள்ள வேறுபாடு, முதல், இறுதிப் புள்ளிகளின் குறைத்த திசையங்களின் வேறுபாட்டிற்குச் சமமாக இருக்கவேண்டும்.

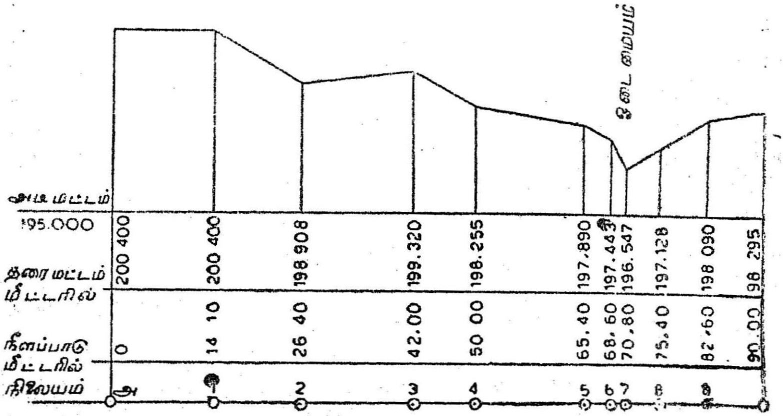
அளக்கைக்கோடுகளின் நீளம் அதிகமாக இருந்தால், அவற்றைப் பல கட்டிடங்களாகப் பிரித்துக்கொண்டு. ஒவ்வொரு கட்டத்திற்கும் தனித்தனியே மட்டகை செய்து, உறுதிசெய்து கொள்ள வேண்டும். உறுதி மட்டகை எடுக்கும்போது, பழைய மாறு மேடைகளின் வழியாகவே சென்றாலும் செல்லலாம் அல்லது வசதியான வழியாக அல்லது மிகக்குறுகிய வழியாகவும் மட்டகை எடுக்கலாம்.

உறுதிப்பாட்டிற்கான இன்னொரு வழி, இரட்டை அளவுகள் ஆகும். மட்டகியின் ஒவ்வொரு நிலையிலும், முடிவில் இரண்டு இடங்களை மாறு மேடையாக எடுத்துக்கொண்டு இரண்டு முன் பார்வை அளவுகள் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். மட்டகியை அடுத்த நிலைக்கு மாற்றிக் கொண்டதும் இரண்டு மாறுமேடைகளிலும் பின்பார்வை எடுத்துக்கொண்டு, தனித்தனியாகக் கருவி

மட்டம் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். இரண்டிற்குமுள்ள வேறுபாடு 0·001க்கு மிகக் கூடாது. இந்த முறையில் மட்டகை எடுக்கும் போதே அளவுகளின் உறுதிப்பாடும் அறிந்து கொள்ளப்படுகிறது. நீண்ட கோடுகளுக்கும், நிலைத்த அறிமேடைகள் இல்லாத இடங்களிலும் இந்த முறையைக் கையாளலாம்.

நெடுக வெட்டு வரைதல்

பல்வேறு புள்ளிகளின் உயரங்களை ஆராய்ந்து மிக ஆழமான புள்ளிக்கு அடியில் இருக்குமாறு ஓர் அடிமட்டக்கோடு வரைந்து கொள்ளவேண்டும். அந்தக் கோட்டில் புள்ளிகளின் நீளப்பாடுகள் அளந்து குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். இதற்கான கிடைவரை வளவு, வசதியாக இருக்கும் வகையில் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். கிடைப்படத்தின் வரைவளவையே இதற்கும் எடுத்துக் கொள்ளலாம்.



நெடுக வெட்டு
வரைவளவு: இடை = 1:1000
நிலை = 1:50

படம் 230

கோட்டில் குறிக்கப்பட்ட நீளப்பாட்டுப் புள்ளிகளில் செங்குத்துக் கோடுகள் வரைந்து கொள்ளவேண்டும். அதில் பல்வேறு நிலையங்களின் மட்டங்களைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். இதற்கான நிலைவரைவளவு (vertical scale), கிடை வரைவளவைவிடச் சற்றே பெரியதாக எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். கிடை வரைவளவைப் போல சுமார் பத்து மடங்கு வரை நிலை வரைவளவு இருக்கலாம். இதுபோல நிலை வரைவளவு,

கிடை வரைவளவைவிடப் பெரியதாக எடுத்துக் கொள்ளுவதால், நிலத்தின் ஏற்ற, இறக்கங்கள் தெளிவாகத் தெரியும். பொது வாகக் கிடைவரைவளவு ஆயிரத்தில் ஒன்று முதல் 2500 இல் ஒன்றும் நிலைவரைவளவு நூறில் ஒன்று முதல் 200 ல் ஒன்று வரை எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. உயரக்கோடுகள் 4 முதல் 15 செமீக்கு மிகாமல் இருக்குமாறு அடி மட்டக்கோடு தேர்ந் தெடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். தரைமட்டக் கோடும், அடிமட்டக் கோடும் கருப்பு மையாலும், ஆயங்களை நீல மையாலும் வரையலாம். அடிமட்டக் கோட்டின் மீது அதன் மட்டத்தை எழுத வேண்டும். நீளபாடுகளும், குறைத்த மட்டங்களும் ஆயங்களின் மேல் கீழ் எழுத வேண்டும். தரை மட்டக் கோட்டில் குறிப்பிடத்தகுந்த இடங்களை, ஆங்காங்கு எழுதிக் காட்ட வேண்டும்.

வேலை வெட்டுப்படங்கள் (படம் 231): நெடுஞ்சாலை, கால்வாய், இருப்புப்பாதை போன்ற வேலைகளில், கட்டுமானப்பொறியாள ருக்கு வழிகாட்டும், வேலைப்படங்கள் (working drawing) அளிக்க வேண்டும். அவற்றில் வெட்டுப்படங்கள் மிகவும் இன்றியமை யாதது.

1. தரையின் தற்போதைய மட்டம்,

2. மண்வெட்டு அல்லது நிரப்பல் ஆழம்,

3. கரை அல்லது பள்ளம் அமைத்தபின் மட்டம்,

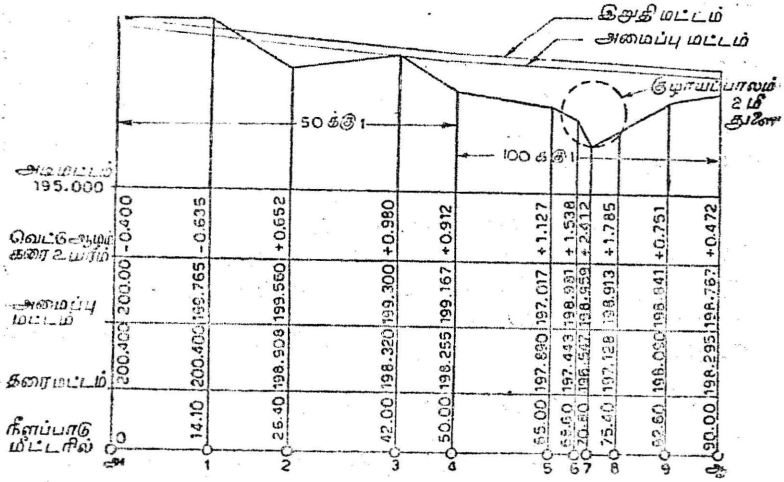
4. அதன் மேல் சல்லிக்குவியல், பாதை, முதலியன அமைத்தபின் இருக்கும் இறுதி மட்டம்,

5. திட்டமிட்ட வாட்டம் (சாய்வு),

6. வேலை செய்யும்போது தெரியவேண்டிய பிற குறிப்பிடத் தக்க செய்திகள் முதலியனவற்றைத் தெளிவாகக் காட்ட வேண்டும்.

நில மட்டங்கள் எடுத்ததும் அவற்றைக்கொண்டு வெட்டுப் படங்கள் தயார் செய்துகொள்ள வேண்டும். அதில் திட்ட மிட்ட வாட்டம் அமைத்து, "அமைப்பு மட்டக்கோடு" வரைந்து கொள்ளவேண்டும். அதற்கு இணையாக, மேலே "இறுதி மட்டக் கோடு வரைந்து கொள்ள வேண்டும். அவ்வக்கோடுகளின்மீது அம்புக்குறிபிட்டு அப்பெயர்களையும் எழுத வேண்டும். அமைப்புக் கோட்டை, சிவப்பு வண்ணத்திலும், இறுதிக்கோட்டை நீல

வண்ணத்திலும் வரையலாம். புழைய நில மட்டத்தைக் கருப்பிலும், அமைப்பு மட்டத்தையும், வெட்டு ஆழத்தையும் சிவப்பிலும், நிரப்பல் உயரத்தை நீலத்திலும் எழுதலாம். அமைப்பு வாட்டம், தொடங்கும் ஆயத்திலிருந்து, முடியும் ஆயம் வரை நேர்க்கோடிட்டு இருமுனைகளிலும் அம்புக் குறியுடன் நடுவில் பெரிதாக சிவப்பில்எழுதலாம். படம் 231 இல் வேலை வெட்டுப் படம் ஒன்று காணலாம்.



சாலை அமைப்பிற்கான வேலை வெட்டு
வரைவளவு : கிடை 1:1000
நிலை : 1:50

படம் 231

அமைப்பு மட்டம் கணக்கிடுதல் : வேலைக்கேற்ற வாட்டத்தைத் திட்டமிட்டுக் கொள்ளவேண்டும். தொடக்க மட்டத்தையும் இறுதியாக்கிக் கொள்ளவேண்டும். அடுத்தப்படி, அமைப்பு மட்டம் கணக்கிடுதல் ஆகும். வாட்டத்திற்கேற்ப, ஓர் அலகின் ஏற்றம், அல்லது இறக்கம் எவ்வளவு என கணக்கிட வேண்டும். தொடக்கப் புள்ளியிலிருந்து நீளத்திற்கேற்ப ஏற்ற, இறக்கத்தைக் கூட்டியோ, கழித்தோ அந்த இடத்தின் அமைப்பு மட்டம் அறியலாம்.

படம் 231 இல்

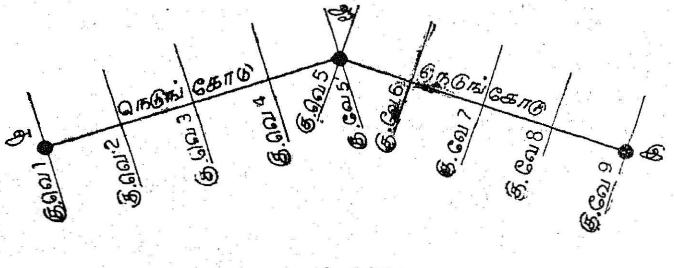
நீளப்பாடு சுழியில் அமைப்பு மட்டம்	=	200·000
வாட்டம் 60 க்கு ஒன்று 14·10 மீக்கு இறக்கம்	=	0 235
14·10 மீயில் அமைப்பு மட்டம்		199 765

பிற புள்ளிகளிலும் இதேபோல அமைப்பு மட்டம் காணலாம். அல்லது ஒரு வாட்டம் முடிகிற 50 மீ நீளப்பாட்டில் அமைப்பு மட்டம் கண்டுபிடித்து, முதற்புள்ளியுடன் இணைத்தால் இடை மட்டங்கள் தானுகக் கிடைத்துவிடும். நில மட்டத்தை விட அமைப்பு மட்டம் குறைந்திருந்தால், நில வெட்டு எனவும். கூடி யிருந்தால் மண் நிரப்பல் எனவும் பொருள்படும்.

குறுக்கு வெட்டுக்கள் : நெடுங்கோட்டிற்குச் செங்குத்தாக இரண்டு பக்கமும் உள்ள நிலத்தின் ஏற்ற இறக்கங்கள் அறியக் குறுக்கு வெட்டு மட்டங்கள் எடுக்கிறோம். வேலையைப் பொருத்து குறுக்குவெட்டின் இடைவெளி 10 மீ முதல் 30 மீ வரை இருக்கும். குறுக்கு வெட்டின் நீளமும், பணியைப் பொறுத்து இருக்கும், குறைந்த நீளமுள்ள குறுக்கு வெட்டுக்களை கண்களாலேயே நேரமைவு செய்யலாம். நடுக்கோட்டின் தொடக்கத்திலிருந்து குறுக்கு வெட்டுகளை வரிசைப்படுத்தி, எண்களிட்டுக் கொண்டு, நெடுகவெட்டு எடுக்கும்போதே இதையும் எடுத்துக் கொண்டு செல்லலாம்.

மட்டகியால் குறுக்கு வெட்டு எடுத்தல்

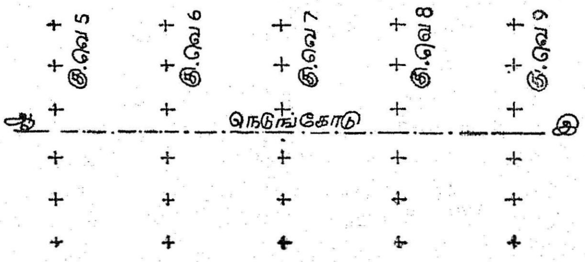
முதலில் நெடுங்கோட்டிற்குச் செங்குத்தாகக் கோடுகள் (படம் 232 & 233) அமைத்துக் கொண்டு இரு பக்கமும் நீட்டிக் கொள்கிறோம். மட்டகைக் கம்பத்தை இருபக்கமும், நெடுங் கோட்டிலிருந்து ஒவ்வொரு 5 மீ அல்லது 10 மீ யிலும் வைத்து மட்டம் பார்த்துக் கொள்கிறோம். வாட்டம் சீராக மாறுமல் திடீர் ஏற்ற இறக்கங்கள் இருந்தால் அங்கும் மட்டம் எடுத்துக் கொள்வதோடு அதன் தொலைவையும் அளந்து கொள்கிறோம். நெடுங்கோட்டிற்குச் செங்குத்தாக இல்லாமல், சிலவேளைகளில் சாய்வாகவும் குறுக்கு வெட்டு (படம் 234) எடுப்பதுண்டு. இது பெரும்பாலும் ஒருயரி வரையப்பயன்படும்.



படம் 232

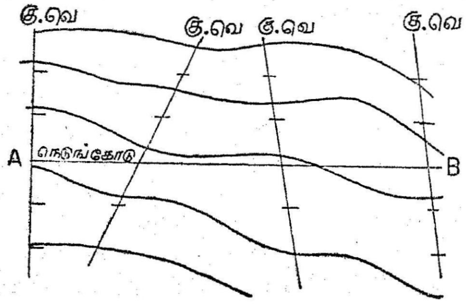
கை மட்டகியால் குறுக்கு வெட்டு எடுத்தல்

கை மட்டகி என்பது ஓர் எளிய மட்டகி ஆகும். ஒரு பக்கம் ஊசித்துளையும், மறுபக்கம் குறுக்குக் கம்பிகளும் கொண்ட பார்வைக் குழாய்க்கு, ரசமட்டம் பொருத்தியிருக்கும். ரச



படம் 233

மட்டத்தின் நிழலுரு குழாய்க்குள் தெரியுமாறு திறப்பும் ஆடியும் இருக்கும். குழாய் வழியே பார்க்கும் போதே கருவியை மட்டமாக வைத்துக்கொள்ள இது உதவுகிறது. ஒரு கோல் அல்லது



படம் 234

கம்பத்தின் குறிப்பிட்ட உயரத்தில் (x) மாட்டிக்கொண்டு அளவு பார்க்கலாம். சிறிய குறுக்குவெட்டுகளுக்கு இது பயன்படுகிறது.

நடுக்கோட்டில் நின்றுகொண்டு, குறுக்குவெட்டு மட்டம் வேண்டிய புள்ளிகளின் மீது மட்டகைக் கம்பத்தை வைக்கப் பணித்து, கைமட்டகி மூலம் அளவு படிக்கலாம்.

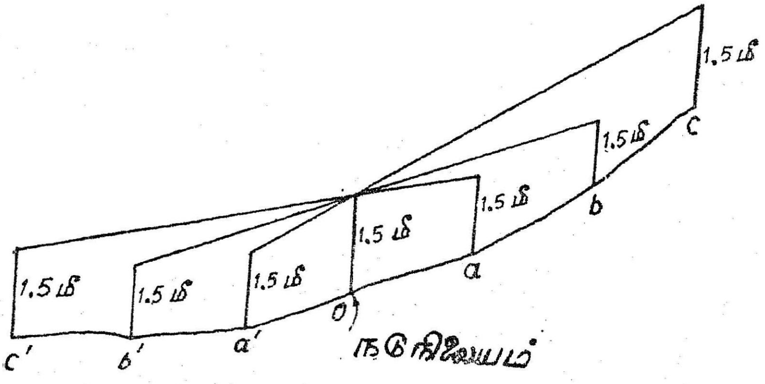
அப்புள்ளியின் மட்டம் = நடுக்கோட்டின்மட்டம் + மட்டகியின் மாறு உயரம் (x).

குறிப்பு : $x : 1.5$ மீ இருக்குமாறு வைத்துக்கொள்வது வழக்கம்.

அபினி மட்டகி மூலம் குறுக்குவெட்டு : அபினி மட்டகி மூலமாக மூன்று முறைகளில் குறுக்குவெட்டு மட்டங்கள் எடுக்கலாம். ஆனால் இதில் கிடைக்கும் மட்டங்கள் துல்லியம் குறைந்தவை. கரடு முரடான நிலங்களில் இதுவே போதும்.

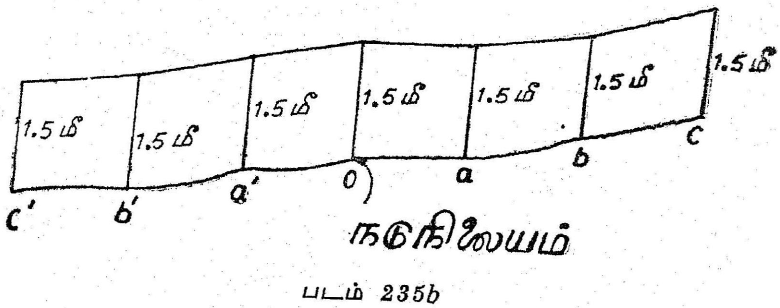
முதல் முறை (படம் 235*a*)

அபினி மட்டகியை 1·5 மீ உயரத்தில் ஒரு கம்பில் கட்டிக்கொள்ள வேண்டும். இன்னொரு கம்பில் அதே உயரத்தில்



படம் 235*a*

ஒரு கைக்குட்டை அல்லது அடையாளக் கொடி கட்டிக் கொள்ளவேண்டும். அளக்கையாளர் நடுக்கோட்டில் நின்று கொண்டு, குறுக்கு வெட்டு மட்டம் காண வேண்டிய புள்ளி களின் மீது கொடி கட்டிய கம்பை நிறுத்துமாறு பணித்து, அந்தக் கொடியில், ஏற்ற இறக்கக் கோணங்களை அளந்துக் கொள்ள வேண்டும். மேற்பரப்பிலான சாய்ந்த தூரங்களை அளந்து கொள்ளவேண்டும்.



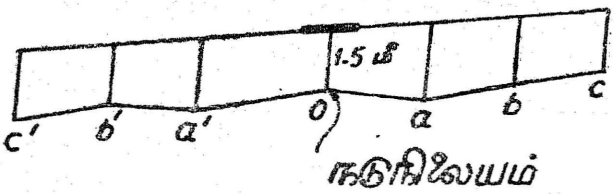
படம் 235*b*

இரண்டாவது முறை (படம் 235b)

அளக்கையாளர் அடுத்தடுத்த புள்ளிகளுக்கு நகர்ந்து சென்று நின்று கொண்டு அதற்கடுத்த புள்ளிகளின் கோணங்களை அளப்பதன் மூலமும் மட்டம் அறியலாம்.

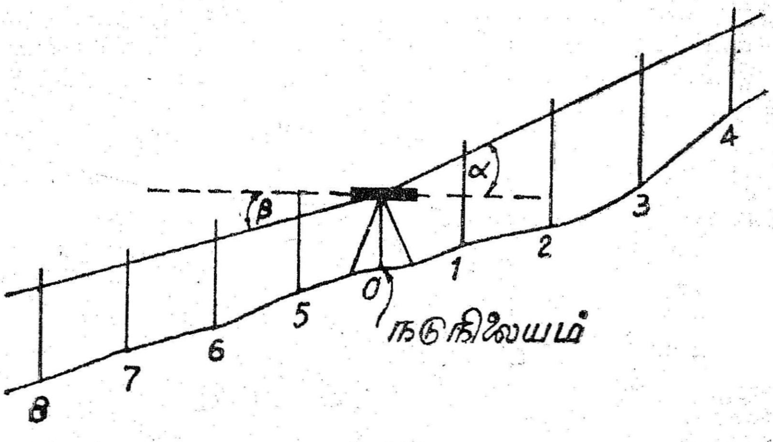
மூன்றும் முறை (படம் 235c)

அளக்கையாளர் நடுப்புள்ளியில் நின்று கொள்கிறார். குறுக்கு வெட்டின் இறுதிப் புள்ளிகளில், அபினி மட்டகி உயரத்தில் கட்டிய கொடிக்கம்புகளைப் பிடிக்கப் பணித்து மட்டகியின் பார்வைக் கோட்டை, நிலத்தின் சராசரி மட்டத்திற்குத் தோராயமாக அமைத்துக் கொள்கிறார். பின்னர் ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் மட்டகைக் கம்பத்தை வைக்கப்பணித்து அவற்றில் அளவுகள் படித்துக் கொள்கிறார். அப்புள்ளிகளின் சாய்வு தள நீளத்தையும் எடுத்துக்கொள்கிறார்.



படம் 235c

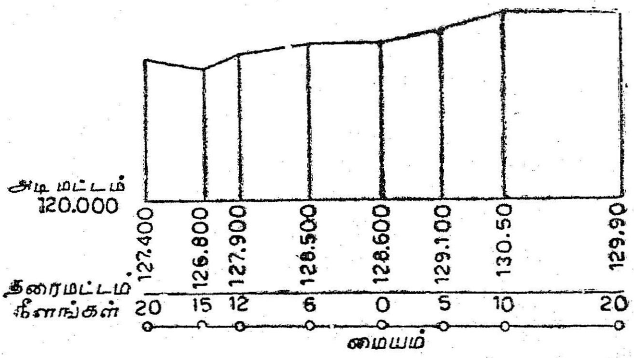
தியோடலைட் மூலம் குறுக்குவெட்டு (படம் 236)



படம் 236

மலைப்பாங்கான இடங்களுக்கு இந்த முறை மிகவும் ஏற்றது. நடுப்புள்ளியில் தியோடலைட்டை நிறுத்தி மட்டப்படுத்த வேண்டும். தொலைநோக்கியின் அச்சு உயரத்தை நிலத்தி லிருந்து அளந்து கொள்ளவேண்டும். தொலைநோக்கியை தோராயமாக நிலத்தின் சாய்வுக்கேற்ப, ஏதாவதொரு கோணத்தில் (முழுப்பாகை உள்ளவாறு) அமைத்துக்கொள்க. ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் மட்டகைக் கம்பத்தை வைத்து அளவு படித்துக்கொள்க. நிலத்தின் சாய்வு தூரத்தை அளந்து கொள்க. தொலைநோக்கியின் சாய்வு இருபக்கமும் வேறுவேருக, ஒன்ருகவோ இருக்கலாம்.

குறுக்கு வெட்டை வரைதல் (படம் 237)



படம் 237

நெடுகவெட்டு மட்டங்களை வரைந்தது போலவே குறுக்கு வெட்டு மட்டங்களையும் வரையலாம். இதில் நீளத்திற்கும், உயரத்திற்கும் ஒரே வரைவளவைப் பயன்படுத்த வேண்டும். 1:100; 1:200 ஆகியவை அதிகம் பயன்படுகின்றன. ஒவ்வொரு குறுக்கு வெட்டிற்கும் ஓர் அடிமட்டம் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ள லாம். அதனல் ஆயங்களின் உயரம் குறையும்.

தியோடலைட்டில் எடுத்த அளவுகளை வரைதல்

1. நடுப்புள்ளியின் குறைத்த மட்டத்தைத் தாளில் வரைந்து கொள்க.

2. அதிலிருந்து கருவி உயரத்தை, செங்குத்தாக வரைந்து கொள்க.

3. அதன் வழியே கிடைக்கோடு வரைந்து, அதில் கோணமானி மூலம், ஏற்ற அல்லது இறக்க கோணத்தை வைத்துப் பார்வைக்கோடு வரைந்து கொள்க.

4. இதல் அளந்த சாய்வு நீளங்களைக் குறித்துக்கொண்டு அவற்றிலிருந்து செங்குத்துக் கோடுகள் தொங்க விடுக.

5. அவைகளில் மட்டகைக் கம்ப அவவுகளைக் குறித்தால் தரைமட்டம் கிடைக்கும். அவற்றை இணைத்தால் குறுக்கு வெட்டுப்படம் கிடைக்கும்.

6. இதை அடுத்த பக்கத்திற்கும் செய்க.

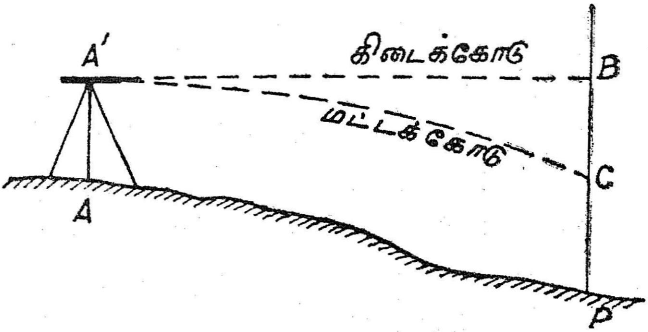
வளைவு, ஒளி முறிவு

துல்லிய மட்டகைகளிலும், கருவிக்கும், கம்பத்திற்கும் உள்ள இடைவெளி மிகுதியாக இருந்தாலும், புவிவளைவு, ஒளி முறிவு ஆகியவற்றின் விளைவுகளையும் கணக்கில் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். புவியின் வளைவால் பொருள்கள் உள்ள மட்டத்தை விடத் தாழ்ந்து தெரியும். ஒளிமுறிவால், பொருள்கள் அசல் மட்டத்தைவிட உயர்ந்து தோன்றுகின்றன. இரண்டின் கூட்டு வளைவு, பொருட்கள் தாம் இருக்கும் மட்டத்தை விடத்தாழ்ந்து தெரியும்.

வளைவு : கிடைக் கோடு நேராக இருக்கும். மட்டக்கோடு அதாவது புவியின் மீது ஒரே உயரத்தில் உள்ள பல புள்ளிகளை இணைக்கும்கோடு புவிவளைவுக்கேற்ப வளைந்திருக்கும். பார்வைத் தொலைவு அதிகமாக, அதிகமாக கிடைக்கோட்டிலிருந்து, மட்டக் கோடு தாழ்ந்து கொண்டேபோகும். இவ்விரண்டு கோடுகளுக்கும் இடையில் உள்ள நிலைவெளி (vertical distance) புவிவளைவின் விளைவு எனப்படும்.

238 ஆம் படத்தில் AA'க் கருவியையும், PCB கம்பத்தையும் குறிக்கும். $A'B$ கிடைக்கோடு ஆகும். $A'C$ மட்டக் கோடு ஆகும். தொலைநோக்கியில் பார்த்தால் B தெரியும். கம்பத்து அளவு PB ஆகும். B புள்ளி A' மட்டத்திலேயே இருப்பதாகத் தோன்றுகிறது. உண்மையில் $A'C$ ஆகியவையே ஒரே மட்டத்தில் உள்ளன. அதனால் சரியான அளவு PC ஆகும். எனவே P நிலையத்தில் கொஞ்சம் உயரம் கணக்கில் சேராமல் இழப்பாகி விடுகிறது.

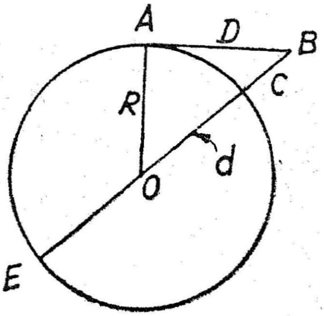
பார்த்த அளவான *PB*க்கும் உண்மை அளவான *PC*க்கும் உள்ள வேறுபாடான BC, புவி வளைவால் ஏற்படும் பிழையாகும்.



படம் 238

எனவே *BC* அளவுக்கான திருத்தம் சேர்த்து அசல் அளவு காணலாம்.

புவி வளைவு விளைவுக்கான வாய்பாடு கண்டுபிடித்தல்



239 ஆம் படத்தில்

ACE = கருவி மட்டம் வழியாக வரும் மட்டக்கோடு.

AB = கிடைக்கோடு (பார்வைக் கோடு)

O = புவி மையம்.

D = கருவிக்கும் கம்பத்திற்கும் உள்ள இடைவெளி (கிமீ)

R = புவியின் ஆரம் *OA* (கிமீ)

d = புவியின் மட்டம் *CE* (கிமீ)

படம் 239

BC = புவிவளைவுக்கான திருத்தம்.

$$BC \times BE = BA^2$$

அல்லது $BC\ (BC + CE) = BA^2$ அல்லது $BC^2 + BC \times CE = BA^2$

புவியின் விட்டத்தோடு ஒப்பிடும்போது *BC* மிகவும் சிறிய அளவாகி விடுவதால் BC^2 ஐ தள்ளி விடலாம்.

$$\therefore BC \times CE = BA^2$$

அல்லது $BC = \dfrac{BA^2}{CE} = \dfrac{BA^2}{2R}$

புவியின் விட்டம் = 12742 கிமீ

$$BC\ (\text{கிமீ}) = \frac{AB^2}{12742}$$

$$BC\ (\text{மீ}) = \frac{AB^2 \times 1000}{12742} = 0.0785\ D^2$$

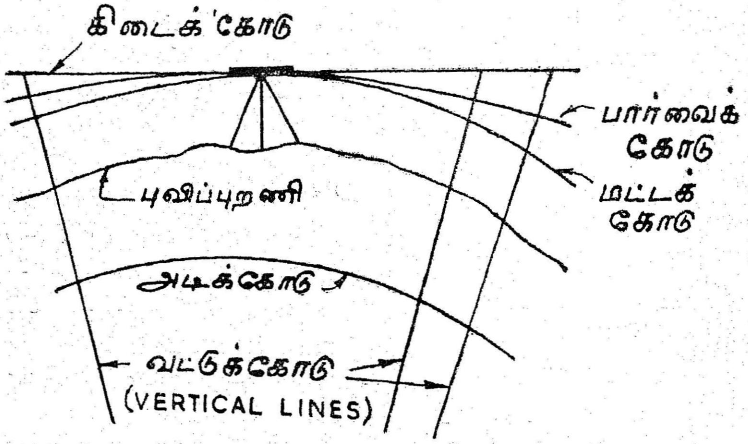
எனவே திருத்தம் மீட்டரில் = $0 \cdot 0785 D^2$ (விட்டம் கிமீயில்) வளைவின் விளைவால், கம்பத்து அளவு கூடித்தெரிவதால், திருத்தம் கழித்தல். கம்பத்து அசல் அளவுகாண, பார்த்த அளவிலிருந்து திருத்தத்தைக் கழித்துக்கொள்ள வேண்டும்.

அசல் அளவு = கம்பத்தில் பார்த்த அளவு – திருத்தம்

$$= 0.0785\ D^2$$

ஒளி முறிவு

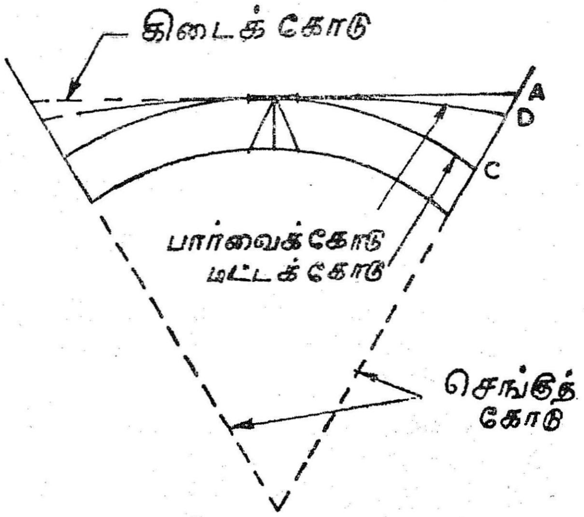
வளி மண்டலத்தில் உள்ள காற்று வெப்பத்தாலும், அழுத்தத்தாலும் வேறுபட்ட பல அடுக்குகளாகப் படிந்துள்ளது. அதன் வழியே ஒளிக்கதிர்கள் ஊடுருவும் போது ஒளி முறிவு படிப்படியாக



படம் 240

ஏற்பட்டு, கீழ் நோக்கி வளைகிறது. 241ம் படத்தில் காட்டியது போல ஒளிக்கதிர் (AD) வளைந்து செல்கிறது. இந்த வளைவு பூமியை நோக்கி உள்ளது. பூமியின் விட்டத்தைப்போல ஏழு மடங்கு விட்டம் உள்ள ஒரு வட்டத்தின் பாதையில் வளைந்து செல்வதாகக் கண்டு பிடிக்கப்பட்டுள்ளது. A யிலிருந்து பார்க்கும் போது கம்பத்தில் B அளவு தெரிவதற்குப் பதிலாக D தான்

தெரியும். இதன் விளைவு கம்பத்து அளவைக் குறைத்துக் காட்டும் ஒளி முறிவின் விளைவு எப்போதும் ஒரே அளவாக இருப்பதில்லை.



படம் 241

காற்று, வெப்பம் அழுத்தத்தைப் பொருத்து மாறுவதும் உண்டு. ஆனால் இது சராசரியாக புவி வளைவின் விளைவில் எழில் ஒரு பங்கு, அதன் எதிர்த் திசையில் இருப்பதாக எடுத்துக் கொள்கிறோம்.

$$\therefore \text{ திருத்தம் } (BD) \text{ மீ } = \frac{1}{7} BC$$

$$= \frac{1}{7} (0 \cdot 0785\ D^2)$$

$$= 0 \cdot 0112 D^2$$

கூட்டுத் திருத்தம்

ஒளி முறிவின் விளைவு, வளைவின் விளைவு இரண்டும் சேர்ந்த மொத்த விளைவு கம்பத்து அளவை மிகைப்படுத்திக் காட்டும். எனவே அவற்றின் கூட்டுவிளைவுக்கான திருத்தம் கழித்தல் ஆகும்.

ஒளிமுறிவு, வளைவுக்கான கூட்டுப் பிழை $= CD$

$$CD = BC - BD$$

$$= BC - \frac{1}{7}BC = \frac{6}{7}BC = \frac{6}{7} \times 0 \cdot 0785 D^2$$

$$= 0 \cdot 0673 D^2$$

வளைவுக்கான திருத்தம் $= 0 \cdot 0785\ D^2$ மீ

ஒளி முறிவுக்கான திருத்தம் $= 0 \cdot 0112\ D^2$ மீ

கூட்டு விளைவுக்கான திருத்தம் $= 0 \cdot 0673\ D^2$ மீ

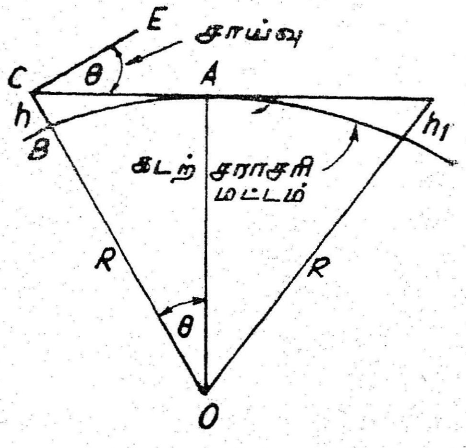
குறிப்பு : இவற்றில் D = கருவிக்கும், கம்பத்திற்கும் உள்ள இடைவெளி கிலோமீட்டரில் என்பது நினைவில் இருக்க வேண்டும்.

இத்திருத்தங்களை இரண்டு விகிதத்தில் சேர்க்கலாம்.

1. ஒவ்வொரு கம்பத்து அளவுக்கும் திருத்தம் சேர்த்துக் கழித்துக் கொள்ளுதல் அல்லது
2. ஒவ்வொரு இடத்தின் குறைத்த மட்டத்தையும் கண்டு பிடித்துக் கொண்டு அதில் திருத்தத்தைக் கழித்துக் கொள்ளுதல் ஆகும்.

எளிய மட்டகையில் இடைவெளி 100 மீட்டருக்கு மிகாதாகையால், இவற்றின் விளைவுகளால் பிழை மிகவும் சிறியதாகையால் அவற்றைத் தள்ளிவிடலாம். இடைவெளி 200 மீட்டர் ஆனால் பிழை 0·003 மீ ஆகி விடுகிறது. கூட்டு விளைவு, இடைவெளியின் இருமடிக்குச் சமமாகும். இடைவெளியை இருபக்கமும் சமமாக வைத்துக் கொள்வதன் மூலம், இப்பிழைகள் வருவதைத் தவிர்க்கலாம்.

தொடுவானின் தொலைவு



படம் 242

242 ஆம் படத்தில் A தொடுவானம், B என்ற இடத்தில் நிற்கும் ஆளின் கண் மட்டம் $= BC = h$ மீட்டர்.

B யில் நிற்கும் ஆள் தொடுவான் A யை நோக்குகிறார். தொடுவானின் தொலை D கிலோ மீட்டர் என வைத்துக்கொள்வோம். வளைவு, ஒளிமுறிவு இரண்டின் விளைவுகளையும் சேர்த்துக் கொண்டால்

$$h = 0{\cdot}0673D^2$$

$$D \therefore = \sqrt{\frac{h}{0{\cdot}0673}}$$

ஒளி முறிவைக் கருதாமல், வளைவின் விளைவை மட்டும் எடுத்துக்கொண்டால் $h = 0{\cdot}0785\ D^2$

$$\therefore D = \sqrt{\frac{h}{0{\cdot}0785}}$$

புவியின் விட்டத்தோடு ($2h = d$) ஒப்பிடுகையில் உயரம் (h), கொள்ளத்தக்க அளவு சற்றே பெரியதாக இருந்தால், வடிவ கணிதப்படி

$$CB\,(CB + 2OB) = CA^2$$

அல்லது $D^2 = h\,(h+d)$

$$\therefore D = \sqrt{h\,(h+d)}$$

இதில் எல்லா நீளங்களும் ஒரே அலகில் (**கிமீ அல்லது மைல்**) சொல்லப்படுகின்றன.

தொடுவானத்தின் சாய்வு (Dip of Horizon) :

படம் **242** இல் ஆள் நிற்குமிடமான B யில் CO க்கு செங்குத்தாக உள்ளது CE. AOC கோணம் θ ஆனால் முக்கோண விதிகளின்படி $ACE = \theta$. B யில் கிடைக்கோடு CE க்கும், A யில் தொடுகோடு CA க்கும் உள்ள இடைக்கோணம் (θ) சாய்வு (dip) எனப்படுகிறது. θ = புவிப்பரப்பில் AB வில், புவிமையத்தில் கொள்ளும் கோணம் ஆகும்.

$\therefore$ தொடுவானத்தின் சாய்வு

$$= \angle ECA = \angle BOA$$

$$= \theta = \frac{BA \text{ வில்}}{\text{புவிஆரம்}} \text{ (ரேடியன்)}$$

BA வில் தோராயமாக கிடைவெளி *D* க்கு சமமாக எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

$$\therefore \text{ தொடுவானின் சாய்வு ரேடியனில் } = \frac{D}{R}$$

இதில் *D, R* ஆகிய நீளங்கள் ஒரே அலகில் இருக்க வேண்டும்

எடுத்துக்காட்டுகள்

எடுத்துக்காட்டு 1

(அ) 900 மீ, (ஆ) 3·5 கிமீ ஆகிய இடைவெளிகளுக்கான வளைவுத் திருத்தம் காண்க.

வளைவுத் திருத்தம் $= 0{\cdot}0785\ D^2$

(அ) இடைவெளி $= 900$ மீ $= 0{\cdot}9$ கிமீ

வளைவுத் திருத்தம் $= 0{\cdot}0785 \times ({\cdot}9)^2$

$= 0.064$ மீ

(ஆ) இடைவெளி $= 3{\cdot}5$ கிமீ

வளைவுத் திருத்தம் $= 0{\cdot}0785 \times (3{\cdot}5)^2$

$= 0{\cdot}962$ மீ

எடுத்துக்காட்டு 2

(அ) 700 மீ, (ஆ) 2·5 கிமீ இடைவெளிகளுக்கான ஒளி முறிவுத் திருத்தம் காண்க.

ஒளி முறிவுத் திருத்தம் (மீ) $= 0{\cdot}0112\ D^2$

(அ) இடைவெளி $= 700$ மீ $= 0{\cdot}7$ கிமீ

ஒளி முறிவுத் திருத்தம் $= 0{\cdot}0112 \times (0{\cdot}7)^2$

$= 0{\cdot}005$

(ஆ) இடைவெளி $= 2{\cdot}5$ கிமீ

ஒளி முறிவுத் திட்டம் $= 0{\cdot}0112 \times (2{\cdot}5)^2$

$= 0{\cdot}070$ மீ.

எடுத்துக்காட்டு 3

(அ) 800 மீ, (ஆ) 3 கிமீ ஆகிய இடைவெளிகளுக்கு, ஒளி முறிவு, வளைவுகளுக்கான கூட்டுத் திருத்தம் காண்க.

வளைவு, ஒளி முறிவுகளுக்கான கூட்டுத் திருத்தம் (மீ)

$= 0{\cdot}0673\, D^2$

(அ) இடைவெளி $= 800$ மீ $= 0{\cdot}8$ கிமீ

கூட்டுத் திருத்தம் $= 0{\cdot}0673 \times (0{\cdot}8)^2$

$= 0{\cdot}043$ மீ

(ஆ) இடைவெளி $= 3$ கிமீ

கூட்டுத்திருத்தம் $= 0{\cdot}0673 \times 3^2$

$= 0{\cdot}623$ மீ

எடுத்துக்காட்டு 4

AB என்ற நெடுங்கோட்டில் *O* என்ற இடத்தில் மட்டகி நிற்கிறது. *O* விலிருந்து800மீ தொலைவிலுள்ள *A* யில் மட்டகைக் கம்பத்து அளவு 1·595, 1200 மீ தொலைவிலுள்ள *B* யில் மட்டகை கம்பத்து அளவு 2·984 *AB* புள்ளிகளின் அசல் நிலைவெளி காண்க.

O விலிருந்து *A* தொலைவு $=$ 800 மீ

O விலிருந்து *B* தொலைவு $=$ 1200 மீ

OA இடைவெளிக்கான

ஒளி முறிவு, வளைவுகளுக்கான கூட்டுத்திருத்தம்

$= 0{\cdot}0673\,(0{\cdot}8)^2$

$= 0{\cdot}043$

A யில் மட்டகைக் கம்பத்து அளவு $= 1{\cdot}595$

திருத்தம் $= 0{\cdot}043$

A யில் திருந்திய அளவு $= 1{\cdot}552$

OB இடைவெளிக்கான ஒளிமுறிவு, வளைவுகளுக்கான

கூட்டுத் திருத்தம் $= 0{\cdot}0673\,(1{\cdot}2)^2$

$= 0{\cdot}097$

B யில் மட்டகைக் கம்பத்து அளவு $= 2{\cdot}984$

திருத்தம் $= 0{\cdot}097$

B யில் திருந்திய அளவு $= 3{\cdot}081$

நிலைவெளி $= 3{\cdot}081 - 1{\cdot}552 = 1{\cdot}529$ மீ

A யை விட *B* 1·529 தாழ்ந்து உள்ளது.

எடுத்துக்காட்டு 5

AB என்ற கோட்டில் *A* யிலிருந்து 50 மீ தொலைவிலும் *B* யிலிருந்து 1000 மீ தொலைவிலும் உள்ள *P* என்னுமிடத்தில் மட்டகி நிறுத்தப்பட்டுள்ளது. *A* யின் பின் பார்வை = 0·694மீ. *B* யின் முன் பார்வை 3·018 மீ. *AB*'யின் நிலைவெளி காண்க.

A நிலையம் மட்டகியிலிருந்து 50 மீ தொலைவில் உள்ளதால் திருத்தம் ஏதும் தேவையில்லை.

B நிலையம் உள்ள தூரம் = 1000 மீ = 1 கிமீ

ஒளி முறிவு, வளைவுகளுக்கான கூட்டுத் திருத்தம்

$$= 0{\cdot}0673\ D^2$$

$$= 0{\cdot}0673 \times 1^2 = 0{\cdot}0673 \text{ மீ}$$

அல்லது = 0·067 மீ

B யில் திருந்திய அளவு = 3·018 − 0·067 = 2·951 மீ

A யில் கம்பத்து அளவு = 0·694 மீ

நிலைவெளி = 2·257 மீ

A ஐ விட, *B*, 2·257 மீ தாழ்ந்துள்ளது.

எடுத்துக்காட்டு 6

ஒரு கலங்கரை விளக்கம் 50 மீ உயரம் உள்ளது. எவ்வளவு தொலைவில் வரும் கட்டுமரம் கலங்கரை விளக்கத்தின் ஒளியைக் காணும் ?

புவியின் விட்டம் = 12800 கிமீ என எடுத்துக்கொண்டு தொடுவானத்தின் சாய்வைக் கண்டுபிடி.

(அ) கலங்கரை விளக்கத்தின்

உயரம் $= h = 0{\cdot}0673\ D^2$

$$h = 50 \text{ மீ}$$

$$\therefore\ D^2 = \frac{50}{0{\cdot}0673}$$

$$D = 27{\cdot}26 \text{ கிமீ}$$

(ஆ) தொடுவானத்தின் சாய்வு

$$= \frac{D}{R} \text{ ரேடியன்}$$

$$= \frac{27{\cdot}26}{6400} \text{ ரேடியன்}$$

$$= \frac{27 \cdot 26}{6400} \times \frac{180 \times 60}{\pi}$$

$= 14{\cdot}65$ நிமிடங்கள்.

எடுத்துக்காட்டு 7

ஒரு கப்பலின் மேல் தளத்தில் இருக்கும் ஒருவர் இன்னொரு கப்பலின் கொடி மரத்தின் உச்சியைக் காண்கிறார். காண்பவர் கடல் மட்டத்திற்கு மேல் 38 மீட்டரிலும், கொடிமரத்தின் உச்சி 48 மீட்டரிலும் உள்ளன. இரண்டு கப்பல்களுக்கும் இடைவெளி என்ன ?

கடலின் வளைவில் ஒரு பக்கம், காண்பவரும் மறுபக்கம் இன்னொரு கப்பலும் உள்ளன. பார்வைக்கோடு கடலில் A என்ற புள்ளிக்கு தொடுகோடாக உள்ளதாக வைத்துக்கொள்வோம்.

D_1 = காண்பார் கப்பல் நீர் முகடு Aயிலிருந்து உள்ள தூரம்.

D_2 = கொடிமரக் கப்பல் நீர் முகடு A யிலிருந்து அடுத்த பக்கம் உள்ள தூரம்.

h_1 = காண்பார் உயரம் = 38மீ

h_2 = கொடிமர உயரம் = 48மீ

$\therefore h_1 = 0{\cdot}0673\ D_1^2$

$$\therefore D_1^2 = \frac{h_1}{0{\cdot}0673} = \frac{38}{0{\cdot}0673}$$

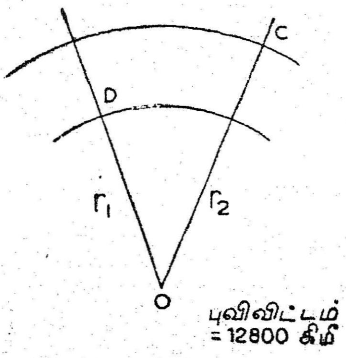
$D_1 = 565$

$h_2 = 0.0673\ D_2^2$

$$D_2^2 = \frac{h_2}{0{\cdot}0673} = \frac{48}{0{\cdot}0673}$$

$D_2 = 713$

இரு கப்பலுக்குமுள்ள இடைவெளி $= D_1 + D_2 = 1278$



படம் 243

எடுத்துக்காட்டு 9

புவிப்பரப்பில் C, D என்ற இரண்டு நிலையங்கள் உள்ளன. C, Dஐ விட 0·8 கிமீ உயரத்தில் உள்ளது. CD இடைவெளி, D மட்டத்தில் 8 கிமீ இருந்தால் படத்தில் என்ன இருக்கும். புவிமட்டம் 12800 கிமீ புவிமையத்தை மையமாகக் கொண்டு, C, D ஆகிய புள்ளிகளின் வழியே இரண்டு வில் வரைந்து கொள்க.

D வழியே செல்லும் வில்லின் ஆரம் $= r_1 = 6400$ கிமீ.

C வழியே செல்லும் வில்லின் ஆரம் $= r_2 = 6400 + 0.8 = 6400{\cdot}8$

ஒரே மையத்தையுடைய இரண்டு வட்டங்களில் வில் நீளங்கள், அவற்றின் ஆரங்களுக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

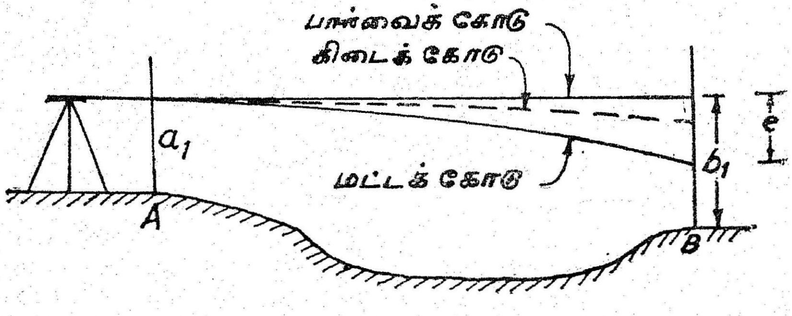
$$\therefore \frac{C \text{ மட்டத்தில் } CD \text{ இடைவெளி}}{D \text{ மட்டத்தில் } CD \text{ இடைவெளி}} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{6400{\cdot}8}{6400{\cdot}0}$$

$$C \text{ மட்டத்தில் } CD \text{ இடைவெளி} = \frac{r_2}{r_1} \times 8$$

$$= \frac{6400{\cdot}8}{6400} \times 8 = 8{\cdot}001 \text{ கிமீ}$$

$$= 8\text{கிமீ} + 1\text{மீ}$$

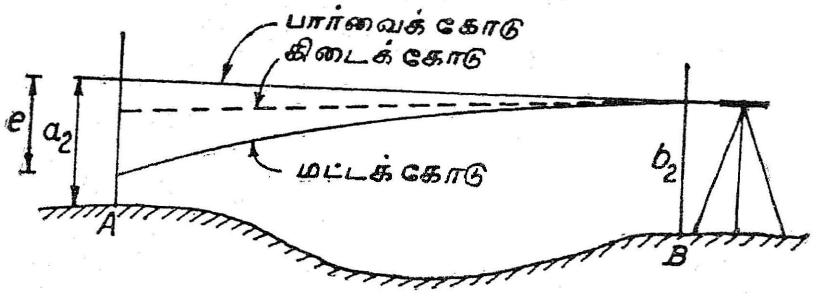
எதிரிடை மட்டகை : செய்மையில் உள்ள இரண்டு இடங்களின் மட்டங்களை மிகவும் துல்லியமாக அறிய எதிரிடை மட்டகை பயன் படுகிறது. இரண்டு நிலையங்களுக்கு நடுவில் கருவியை நிறுத்த இயலாதபோதும் (பள்ளத்தாக்கு, ஆறு போன்றவை இடைப்பட்டாலும்) இந்த முறை பயன்படுகிறது. இந்த முறையில் [அ] வளைவு, ஒளி முறிவுகளால் ஏற்படும் பிழைகளும், [ஆ] தொலை நோக்கி அச்சும், ரசமட்டக்கோடும் இணையாக இல்லாததால் ஏற்படும் பிழையும் நீங்கி விடுகின்றன.



படம் 244a

நிரல் : படம் 244 a இல் உள்ளதுபோல கருவியை A நிலையத்திற்கு மிக அருகில் நிறுத்தி மட்டப்படுத்திக்கொண்டு B கம்பத்தில் அளவு (b_1) எடுத்துக்கொள்க. கருவிக்கு மிக அருகில் உள்ள A கம்பத்திலும் அளவு (a) எடுத்துக்கொள்க. A கம்பம் மிக அருகில் உள்ளதால் பொருள்வில்லை வழியாகப்பார்த்து அளவு

படிக்கலாம். கருவியை B நிலையத்திற்கு மாற்றி, (244 b) அதற்கு மிக அருகில் நிறுத்தி மட்டப்படுத்திக்கொண்டு A கம்பத்திலும் (a_2), B கம்பத்திலும் (b_2) அளவு எடுத்துக்கொள்க.



படம் 244b

A, B ஆகியவற்றின் உயர வேறுபாடு d எனவும், வளைவு, ஒளி முறிவு, பார்வைக்கோடு மட்டமாக இல்லாமை ஆகியவற்றால் வரும் மொத்தப்பிழை $= e$ எனவும் இருக்கட்டும்.

முதல் இடத்தில் எடுத்தபடி சரியான அளவு $= b_1 - e$

இரண்டாம் இடத்தில் எடுத்தபடி சரியான அளவு $= a_2 - e$

(குறிப்பு : சேய்மைக்கம்பத்தில் சரியான அளவு = பார்த்த அளவு + ஒளி முறிவுத் திருத்தம் − வளைவுத்திருத்தம் + பார்வைக் கோட்டுப் பிழைக்கான திருத்தம்.)

A நிலையம்

AB யின் உயர வேறுபாடு $= d = (b_1 - e) - a_1$

அல்லது $d = (b_1 - a_1) - e$

B நிலையம்

AB யின் உயர வேறுபாடு $= d = b_2 = (a_2 - e)$

$= (b_2 - a_2) + e$

இரண்டையும் கூட்டினால் $2d = (b_1 - a_1) + (b_2 - a_2)$

அல்லது $d = \dfrac{(b_1 - a_1) + (b_2 - a_2)}{2}$

எனவே; இரண்டு நிலையங்களின் சரியான உயர வேறுபாடு = இரண்டு இடங்களிலும் படித்த உயர வேறுபாடுகளின் சராசரி ஆகும்.

இரண்டு நிலையங்களின் உயர வேறுபாடுகளைக் கழித்தால், d மறைந்து e யின் மதிப்பு கிடைக்கும்.

$$2e = (b_1 - a_1) - (b_2 - a_2)$$

$$\therefore e = \frac{(b_1 - a_1) - (b_2 - a_2)}{2}$$

இந்த எதிரிடை மட்டகையில், வளைவுப் பிழையும், பார்வைக் கோட்டுப்பிழையும் முற்றும் நீங்கிவிடுகின்றன. ஒளிமுறிவு, காற்றின் வெப்ப அழுத்த நிலைமைகளைப் பொருத்ததாகையால், ஓர் இடத்தில் அளவு பிறகு, இடத்திற்கு மாற்றுவதற்குள் வளி மண்டலச் சூழல் மாறி விடலாம். அதனுல் அப்பிழை முற்றும் ஈடுகட்டப்பட்டதாக உறுதி கூற இயலாது. இதைத் தவிர்க்க ஒரே வேளையில் இரண்டு மட்டகிகளை இரண்டு இடத்தில் வைத்து அளவுகள் எடுக்கலாம். இதில் கருவிப்பிழை ஏதும் இல்லாமல் பார்த்துக் கொள்வது மிகவும் இன்றியமையாதது. அல்லது இரண்டு கருவிகளையும் இடம் மாற்றி மீண்டும் அளவுகள் எடுத்து மட்டங்கள் கணித்து அவற்றின் சராசரி எடுத்துக் கொள்ளலாம். மிகமிகத் துல்லியமான மட்டங்கள் தேவையானபோது மட்டுமே, இவ்வாறு இரண்டு கருவிகளை, இரண்டு இடத்திலும் வைத்து எடுக்கப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டுகள்

எடுத்துக்காட்டு 1 : ஓர் ஆற்றின் இருகரையிலும் உள்ள A, B நிலையங்களில், A நிலையத்திற்கருகில் மட்டகி நிறுத்தி A, B, நிலையங்களில் நிறுத்தப்பட்ட மட்டகைக் கம்பங்களில் பார்த்த அளவுகள் முறையே 1·564 & 2·934. மட்டகியை B நிலையத்திற் கருகில் மாற்றி நிறுத்தி A, B கம்பங்களில் பார்த்த அளவுகள் முறை 1·895 & 3·271 A, B ஆகியவற்றின் அசல் உயர வேறுபாடு காண்க.

மட்டகி A நிலையத்திற்கருகில் இருந்தபோது தோற்ற உயர வேறுபாடு = 2·934 − 1·564 = 1·370

மட்டகி B நிலையத்திற்கருகில் இருந்தபோது தோற்ற உயர வேறுபாடு = 3·271 − 1·895 = 1·376 அசல் உயர வேறுபாடு

$$= \frac{1{\cdot}370 + 1.376}{2} = 1{\cdot}373$$

எடுத்துக்காட்டு 2 : ஒரு டம்பி மட்டகி C முளைக்கு நேர் மேலே கண்வில்லை இருக்குமாறு நிறுத்தப்பட்டது. கண் வில்லை மையம் முளைமேல் முளைக்குமேல் 1.246மீ உயரத்தில் இருந்தது. D முளை

மேல் வைத்த கம்பத்தில் படித்த அளவு 0. 892மீ. மட்டகியை மாற்றி D முளையின் மீது நிறுத்தப்பட்டது. முளைமேல் முனைக்கு மேல் கண்வில்லை மையம் 1·362 மீ உயரத்தில் இருந்தது. C முளைமேல்வைத்த கம்பத்தில் படித்த அளவு 1·720 மீ. C யின் மட்டம் = 150·224 மீ, D யின் மட்டம் காண்க.

1. C முளைமீது மட்டகி இருந்த போது

C மீது கருவி உயரம் = 1·246 மீ

D மீது கம்பத்து அளவு = 0·892 மீ

தோற்ற நிலைவெளி = 0·354 மீ

2. D முளைமீது மட்டகி இருந்த போது

C மீது கம்பத்து அளவு = 1·720 மீ

D மீது கருவி உயரம் = 1·362 மீ

தோற்ற நிலைவெளி = 0·358 மீ

CD யிடையே அசல் நிலைவெளி $= \frac{0{\cdot}354 + 0{\cdot}358}{2}$

= 0·356 மீ

C யின் குறைத்த மட்டம் = 150·224

∴ D யின் குறைத்த மட்டம் = 150·224 + 0·356

= 150·580 மீ

எடுத்துக்காட்டு 3

கீழ்க்கண்ட எதிரிடை மட்டகை அளவுகள் ஒரு மட்டகியின் உதவியால் எடுக்கப்பட்டது.

கருவி இடம்	கம்பத்து இடம்		குறிப்பு
	A	B	
A	1·563	2·786	AB இடைவெளி = 800மீ
B	0·437	1·694	A யின் குறைத்த மட்டம் = 180·854

(அ) A, B யின் அசல் நிலைவெளி, (ஆ) B யின் குறைத்த மட்டம், (இ) பார்வைக் கோட்டுப் பிழை ஆகியவற்றைக் கண்டுபிடி.

(அ) கருவி A யில் இருந்த போது

தோற்ற நிலைவெளி = 2·786 − 1·563 = 1·223

கருவி B யில் இருந்த போது

தோற்ற நிலைவெளி = 1·694 − 0·437 = 1·257

AB யின் அசல் நிலைவெளி $= \frac{1{\cdot}257 + 1{\cdot}223}{2}$

= 1·240 மீ

(ஆ) A யின் குறைத்த மட்டம் = 180·854

B யின் குறைத்த மட்டம் = 180·854 − 1·240

= 179·614 மீ

(இ) இடைவெளி = 800 மீ

வளைவு ஒளிமுறிவுக்கான பிழை = $0{\cdot}0673\ D^2$

$= 0{\cdot}0673\ ({\cdot}8)^2$

= 0·043 மீ

மொத்தப் பிழை = தோற்ற நிலை வெளிகளின்

வேறுபாடு = 1·257 − 1·223 = 0·034 மீ

மொத்தப் பிழை = 0.034 = e என இருக்கட்டும்

பார்வைக் கோட்டுப் பிழை = + ve ஆக இருக்கட்டும்.

கருவி A யில் இருந்த போது

B யில் திருந்திய கம்பத்து அளவு = பார்த்த அளவு — வளைவு ஒளி முறிவுத்திருத்தம் — பார்வைக் கோட்டுத் திருத்தம்.

= 2·786 − 0·043 − e

A யில் கம்பத்து அளவு = 1·563

AB யின் அசல் உயர வேறுபாடு

= (2·786 − 0·043 − e) − 1·563

= 1·180 − e

கருவி B யில் இருக்கும் போது

A கம்பத்தில் திருந்திய அளவு $= 0{\cdot}437 - 0{\cdot}043 - e$

B கம்பத்து அளவு $= 1{\cdot}694$

AB யின் அசல் உயர வேறுபாடு

$$= 1{\cdot}694 - (0{\cdot}437 - 0{\cdot}043 - e)$$

$$= 1{\cdot}300 + e$$

இரண்டையும் சமப்படுத்தினல்

$$1.180 - e = 1{\cdot}300 + e$$

$$\therefore \quad 2e = -0{\cdot}120$$

$$\therefore \quad e = -0{\cdot}060$$

800 மீட்டர் நீளத்திற்கும் பார்வைக் கோட்டுப் பிழை

$$= -0{\cdot}060$$

$\therefore$ 40 மீட்டர் நீளத்திற்கு $= -{\cdot}003$ மீ

பார்வைக் கோடு மேல்நோக்கி இருப்பதாகக் கருதியது தவறு பார்வைக் கோட்டுத் திருத்தம் $= +\ {\cdot}003$ மீ.

துல்லிய மட்டகை

பரவலாக அமைந்துள்ள பல்வேறு இடங்களில் உள்ள அறிமேடைகளின் மட்டங்கள் மிகவும் துல்லியமாக அளக்கப்படுகின்றன. பொதுப்பணித்துறை, நெடுஞ்சாலைத்துறை, அளக்கைத்துறை போன்ற அரசாங்க அமைப்புகள் இதை நடத்துகின்றன.

ஏற்கனவே உறுதி மட்டகை என்ற பகுதியில் விளக்கியது போல, இரண்டு பொறியாளர்கள், இரண்டு கருவிகள், இரண்டு மட்டகைக் கம்பங்கள் கொண்டு, மட்டகை செய்யப்படுகின்றது. முன்பார்வை, பின்பார்வை மேடைகளில் இரண்டு கம்பங்களும் நிறுத்தப்படுகின்றன. இரண்டு பொறியாளர்களும் தத்தம் கருவிகளில் அளவு படிக்கின்றனர். அப்போதே மட்டத்தைக் குறைத்துக் கொள்கின்றனர். மட்டங்கள் ஒன்றி வராவிட்டால், பிழை வரும் வழிகளை அறிந்து, திருத்தி மீண்டும் அளவு படிக்கின்றனர். அளவு ஒன்றி வந்த பின்னரே பின்பார்வையில் உள்ள மட்டகைக் கம்பத்தை, முன்னுல் எடுத்துச் செல்ல அனுமதிக்கின்றனர். இந்தத் தனி முறை இல்லாமல், திருந்திய கருவிகள் கொண்டு, மிகுந்த விழிப்போடு, வழக்கமான முறைகளிலேயேயும் மட்டகை செய்யப்படுவதுண்டு.

கருவிகள் : சாய்க்கும் திருகு (Tilting screws) படுவரை (Stadia wires) கொண்ட திரை, நுண்ணளவி (Micrometer) போன்ற நுணுக்கமான அமைப்புகளுடன் கூடிய உயர்தர மட்டகி பயன்படுத்தப்படுகிறது. இன்வர் துல்லிய மட்டகைக் கம்பம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. நுண்ணளவிகளின் மூலம் சென்டி மீட்டரில் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கையும் துல்லியமாக அளக்க இயலும், களத்தில் கவனிக்கவேண்டியவை:

1. மட்டகிக்கான சரியாக்கங்கள் உறுதி செய்துகொள்ளப் படுகின்றன.

2. ஒவ்வொரு முறையும் அளவு படிக்கு முன்னர், ரசமட்டக் குமிழ் நடுவில் இருக்குமாறு பார்த்துக் கொள்ளப்படுகிறது.

3. வெய்யிலும், காற்றும் மட்டகியைத் தாக்கா வண்ணம் தடுப்புகள் அமைக்கப்படுகின்றன. குடை, தட்டிகள் போன்ற வற்றைப் பயன்படுத்தலாம்.

4. மட்டகைக் கம்பத்தில் பொருத்தப்பட்டுள்ள, ரசமட்டத் தாலோ, தூக்குக் குண்டாலோ, கம்பம் நேராக இருக்குமாறு பார்த்துக்கொள்ளப்படுகிறது.

5. மட்டகி, உறுதியான கெட்டித்தரையில், நழுவா வண்ணம் ஊன்றி நிறுத்தப்படுகிறது.

6. படுவரை (stadia hairs) மூலம், முன்பார்வையும், பின் பார்வையும் ஓரளவு சமமாக இருக்குமாறு மட்டகி நிறுத்துமிடம் தேர்ந்தெடுக்கப்படுகிறது.

7. பார்க்கும் தொலைவுகள் 100 மீட்டருக்கு மிகாமல் அமைக்கப்படுகின்றன.

8. மாறுமேடைகள், கால்த்தகடு, கால்முனை, இரும்பாணி முதலியவற்றின் மேல் அமைத்துக் கொள்ளப்படுகின்றன.

9. மட்டகியின் முக்காலியும், அறிமேடைச் சாதனங்களும் நிலத்தில் இறங்க நேரிடலாம். அதன் விளைவைக் குறைக்க அளவுகள் விரைவாக எடுக்கப்படுகின்றன.

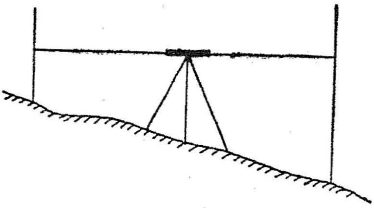
10. வெப்பம் வெளிச்சம் வசதியாக அமைந்த வானிலையே மட்டகை செய்யப்படுகிறது. மழைகாலங்களும், காற்று காலங் களும் தவிர்க்கப்படுகின்றன.

11. எடுத்த மட்டங்களை உறுதி செய்வதற்கான, உறுதி மட்டகை எதிர்த்திசையில், வேறுவேறு மாறுமேடைகள் மூலமாக வேறு அளக்கையாளரால் எடுக்கப்படுகிறது.

12. இறுதிப்பிழை அனுமதிக்கப்பட்ட வரம்பிற்கு மேல் போய்விட்டால், மட்டகையைத் திருப்பி இன்னொரு முறை செய்ய வேண்டியதுதான்.

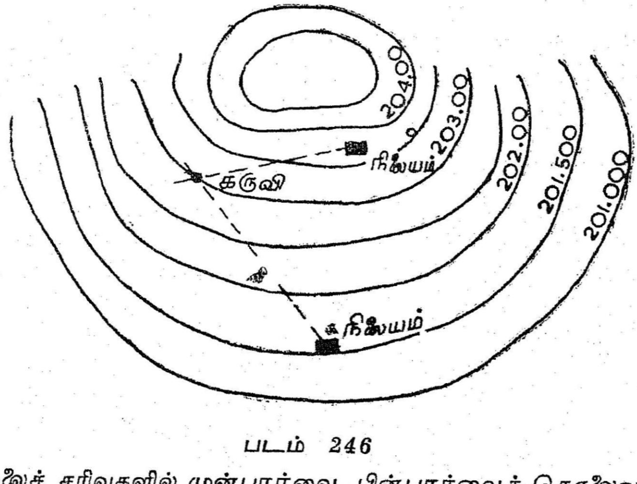
மட்டகையில் இடர்கள்

1. மலைச்சரிவு ஏற்ற, இறக்கங்கள்: மலைச் சரிவுகளில் மட்டகை செய்யும்போது, மேட்டிலிருக்கும் கம்பத்தின் அடியிலும், பள்ளத்திலிருக்கும் கம்பத்தின் மேல் பகுதியிலும் அளவு இருக்கும். கம்பம் நட்டமாக இல்லாவிட்டால் ஏற்படும் பிழை, மேட்டில் குறைந்திருக்கும். பள்ளத்தில் மிகுந்துவிடும்.



படம் 245

கம்பத்தின் மேல்மட்டத்தில் அளவு எடுக்கும்போது தூக்குக் குண்டின் உதவியால் கம்பத்தை நேராக நிறுத்தலாம். அல்லது கம்பத்தை முன்னும் பின்னும் சாய்த்து அதில் கிடைக்கும் மிகக் குறைந்த அளவை எடுத்துக்கொள்ளலாம்.



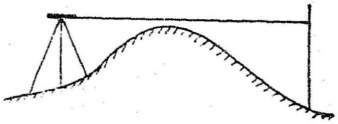
படம் 246

மலைச் சரிவுகளில் முன்பார்வை, பின்பார்வைத் தொலைவுகளை சமமாக வைத்துக்கொள்வது சற்றே இடர்பாடானது.

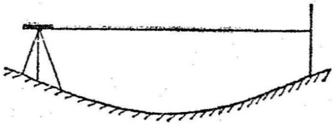
மேட்டுப்பக்கம், பார்வைத்தொலைவு குறுகியும், பள்ளத்துப் பக்கம் நீண்டும் இருக்கும். அதனால் பார்வைக்கோட்டில் சிறிதளவு பிழை இருந்தால் கூட அது பெருகித்தெரியும். இதைத் தவிர்ப்பதற்காகக் கருவியை, இரண்டு நிலையங்களுக்கு நடுவில் நிறுத்தாமல், வளைத்து நிறுத்தலாம். அதாவது மட்டகைக் கோட்டின் மேலேயே நிறுத்தாமல் ஒரு பக்கம் தள்ளி நிறுத்தாமல் ஒரு பக்கம் தள்ளி நிறுத்தலாம். சரிவின் சாய்வு அதிகமாக இருந்தால், மேட்டிலுள்ள கம்பத்தை அருகிலிருந்து தொலைநோக்கியின் மூலம் காணவே முடியாதாகையால் (zig zag) வளைத்த பார்வை மிகவும் இன்றியமையாதது. கருவி நிறுத்தும் இடத்தையும், மாறு மேடைகளையும், கவனத்துடன் தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும் (படம் 246).

2. முகடு, பள்ளம் இவற்றின் குறுக்காக மட்டகை செய்தல்

247 ஆம் படத்தில் ஒரு முகட்டில் கருவியை நிறுத்துமிடம் காட்டப்பட்டுள்ளது. முகட்டின் மேலே நிறுத்தாமல், ஒரு பக்கம் மட்டகியையும், மறுபக்கம் மாறு மேடையும் அமைத்துக்



படம் 247



படம் 248

கொண்டால், இவற்றின் இடைவெளி அதிகமாகக் கிடைக்கும். அதேபோல ஒரு பள்ளத்தைக் கடக்கவும் (படம் 248) அதன் இரு பக்கங்களிலும் கருவியையும், கம்பத்தையும் நிறுத்தலாம்.

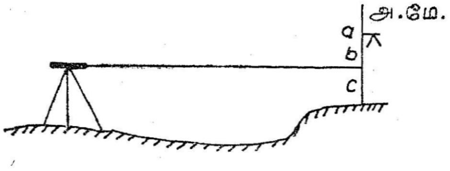
3. மட்டகைக் கம்பம், கருவிக்கு மிக அருகில் இருக்கும்போது :

தொலைநோக்கி மூலம் பார்ப்பதற்குப், பொருள் சற்றே சேய்மையில் இருக்கவேண்டும். மிக அருகில் இருந்தால் பார்வை குவிவதற்கு போதிய இடைவெளி இல்லாமல் பொருள் தெளிவாகத் தெரியாது. அப்போது ஒரு வெள்ளைத்தாளை இலக்காகப் பயன்படுத்தலாம். மட்டகைக் கம்பத்தின் மீது வெள்ளைத் தாளைப் படிய வைத்து மேலும் கீழும் மெல்ல நகர்த்த வேண்டும். வெள்ளைத்தாளின் முனை, தொலைநோக்கியில் நன்கு தெரியும். திரையின் நடுக்கோட்டின் நேர், வெள்ளைத்தாளின் முனை வரும் போது, தாளை அசைக்காமல் பிடிக்குமாறு பணித்து, பின் கம்பத்தை நேராகப் பார்த்து (தொலைநோக்கி மூலம் அல்ல) அளவு படித்துக் கொள்ளலாம்.

மட்டகைக்கம்பம், கருவியின் மிகமிக அருகில் அல்லது ஒட்டி நிறுத்தப்பட்டால், தொலைநோக்கியின் கண் வில்லைக்குப் பதிலாக, பொருள் வில்லை மூலம் பார்த்து அளவு படிக்கலாம். அல்லது தரையின் மேலிருந்து பொருள் வில்லையின் மையம் எவ்வளவு உயரத்திலிருக்கிறதென அளந்து அறியலாம்.

4. மட்டகைக் கம்பம் தாழ்ந்து இருக்கும்போது : கருவியின் பார்வை மட்டத்திற்குக் கீழே, மட்டகைக் கம்பத்தின் மேல் முனை இருந்தால், மட்டகைக் கம்பத்தை உயரத்தூக்கிப் பிடிக்கச் சொல்லி, அடியில் ஒரு மூட்டு வைத்து நிறுத்தலாம். முட்டின் உயரத்தை நாடாவால் அளந்து கொண்டு, அத்துடன் மட்டகைக் கம்பத்து அளவைக் கூட்டிக் கொள்ள வேண்டும்.

5. மட்டகைக் கம்பம் பார்வைக் கோட்டிற்கு மேலே இருக்கும்போது : பார்வைக் கோட்டிற்குச் சற்றே மேலே, மட்டகை நிலையம் இருந்தாலும், அதில் கம்பத்தைத் திருப்பி, தலை கீழாக நிறுத்த முடியாமல் இருந்தாலும், இந்த முறை பயன் படுகிறது. மட்டகையின் நிலையம் (அ'மே) பார்வைக் கோட்டிற்கு



படம் 249

மேலே உள்ள உயரத்தை அளத்து (ba), அதைப் பின் பார்வை யானால் கழித்தலாகவும், முன்பார்வையானால் கூட்டலாகவும் பதிவு செய்துகொள்ள வேண்டும்.

249 ஆம் படத்தில் ba உயரம் அறிய, நிலத்திலிருந்து மட்டகை நிலையத்தின் உயரத்தை (ac) அளந்துகொண்டு, அங்கு நிறுத்திய மட்டகைக் கம்பத்து அளவைப் (cb) படித்துக் கழித்துக் கொள்ள வேண்டும்.

$$ba = ca - cb$$

முன்பார்வையில் : கருவி மட்டம் = அ. மே. மட்டம் + $(-ba)$

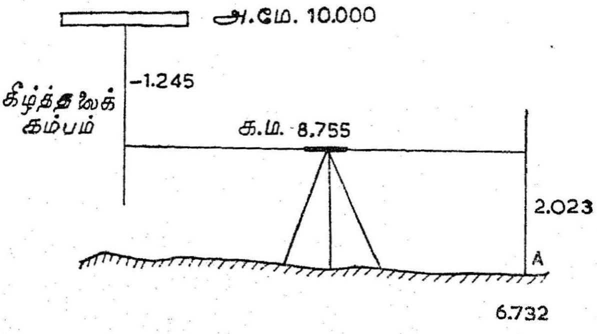
பின்பார்வையில் : கருவிமட்டம் = கருவிமட்டம் − $(-ba)$

= கருவிமட்டம் + ba

குறிப்பு : 3, 4, 5 முறைகள் சரியான அளவைத் தராததால், இவற்றை முன், பின் பார்வைகளுக்குப் பயன்படுத்துவதில்லை. இடைப்பார்வைகளுக்கு மட்டும் பயன்படுகிறது.

5*a*. பார்வைக் கோட்டிற்கு மேலே மட்டகை நிலையம் இருக்கும் போதும், அதில் மட்டகைக் கம்பத்தை தலைகீழாய்ப் பிடித்து நிறுத்த முடியும் போதும்

முன்மாட விதானங்கள், (ceiling), உத்தரங்கள், விட்டங்களின் அடிமட்டத்தை அறிய வேண்டியிருக்கும் போதும், கண்மாய்களின் உள் வளைவில் அறிமேடை அளவு உள்ளபோதும் இம்முறை பயன்படுகிறது. இந்த இடங்களில் மட்டகைக் கம்பத்தைத் தலை கீழாய்ப் பிடித்து நிறுத்த முடியுமாதலால், இந்தகைய இடங்களிலும் அளவு எடுப்பது எளிதுதான். இந்த அளவுகளைக் கழித்தல் குறியுடன் பதிவு செய்துகொள்ள வேண்டும். "கீழ்த்தலைக்கம்பம்" என்று குறிப்புரைக் கட்டத்தில் எழுதிக் கொள்ள வேண்டும்.



படம் 250

250 ஆம் படத்தில் ஒரு வீட்டின் முன்மாட விதானம் (canopy ceiling) அறிமேடையாக உள்ளது.

அறிமேடை மட்டம் = 10·00

அதில் வைத்த கீழ்த்தலைக் கம்பத்து அளவு = − 1.245

∴ கருவி உயரம் = 10·000 + (−1·245)
= 8.755

A நிலையத்தின் மீதுள்ள கம்பத்து அளவு = 2.023

∴ A நிலையத்தின் குறைத்தமட்டம்

= க. ம — கம்பத்து அளவு

= 8·755 — 2·023

= 6.732

மாறுகக் கருவி மட்டம் முதலில் தெரிந்திருந்தால் அதனுடன் கீழ்த்தலைக் கம்பத்து அளவைக் கூட்டி, விதானத்தின் குறைத்த மட்டம் அறியலாம்,

விதானத்தின் குறைத்த மட்டம்

= கருவிமட்டம் — (—1·245)

= 8.755 + 1.245

= 10·000

கிடைத்த அளவுகளைக் கீழ்க்கண்டவாறு பட்டியல் படுத்தலாம்.

(அ) கீழ்த்தலைக் கம்பத்து அளவு பின்பார்வையாக இருந்தால்:

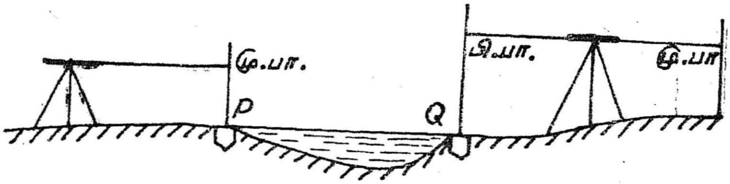
பின் பார்வை	முன் பார்வை	கருவி மட்டம்	குறைத்த மட்டம்	குறிப்புரை
—1·245		8·755	10·000	அறிமேடையின் கீழ்த்தலைக்கம்பம்
	2·023		6 732	A நிலையத்தில் நேர் கம்பம்

(ஆ) கீழ்த்தலைக் கம்பத்து அளவு முன்பார்வையாக இருந்தால்:

பி. பா.	மு. பா.	க. ம.	கு. ம.	குறிப்புரை
2·023		8·755	6·732	A நிலையத்தில் நேர்க்கம்பம்
	—1.244		10·000	விதானத்தில் கீழ்த்தலைக்கம்பம்

6. அகண்ட ஏரி, குளம், இடைப்படும்போது: பார்வைத் தொலைவுக்கு மேற்பட அகண்ட ஏரி, குளங்கள் குறுக்கிட்டால், அடுத்த கரையில் உள்ள கம்பத்து அளவைப் படிக்க இயலாது. தண்ணீர் ஒரே மட்டத்தில் நிற்கிறது என்ற கொள்கையைப்

பயன்படுத்தி அளவு எடுக்கலாம். ஒரே நேரத்தில் இரண்டு கரையிலும் தண்ணீர் மட்டத்தில் இரண்டு முளைகள் (P,Q) அடித்துக் கொள்ளவேண்டும்.



படம் 251

251 ஆம் படத்தில் ஒரு கரையில் உள்ள முளை P மட்டகை யைப் Pயில் எடுக்கும் முன்பார்வையுடன் நிறுத்திக் கொண்டு, மறு கரைக்கு மாறி அங்குள்ளQ முளையில் பின்பார்வை எடுத்துக் கொண்டு, மட்டகையைத் தொடரலாம். P, Q முளைகளை எல்லாக் கணக்கீடுகளிலும் ஒரே மாறு மேடையாகக் கருதலாம்.

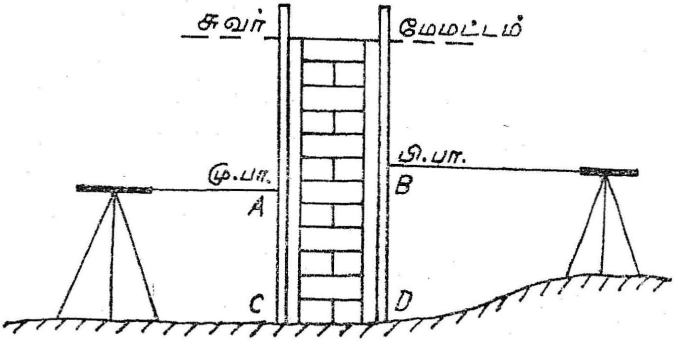
7. ஆற்றைக் கடக்கும் போது: ஆற்றில் நீர் ஓடிக் கொண்டி ருக்குமாதலால், நீர் மட்டம் இரு கரையிலும் வேறுபடலாம். ஆற்றின் இருகரையிலும் இரண்டு முளைகள் (A,B) அடித்துக் கொள்ளவேண்டும். ஒரு கரையிலுள்ள A வரை வழக்கமான முறையில் அளவுகள் எடுத்துக் கொண்டு வரவேண்டும். பின் A,B நிலையங்களின் மட்டங்களை எதிரிடை மட்டகை (reciprocal levelling) மூலமாகக் கண்டுபிடித்துக் கொள்ளவேண்டும். பின்னர் B நிலையத்திலிருந்து மட்டகை தொடரலாம்.

8. அகண்ட வேலி: வேலியின் நடுவே உயரமான முளை ஒன்று அடிக்கப்படுகிறது. அதை மாறு மேடையாகக் கருதிக் கொண்டு, அதன் மீது மட்டகைக் கம்பத்தை வைத்து முன் பார்வை எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. பின்னர் மட்டகியை அடுத்த பக்கத்திற்கு மாற்றிகொண்டு,அதே முளையில் கம்பத்தை வைத்துப் பின்பார்வை எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது.

9. சுவர் (படம் 252)

சுவரின் ஒரு பக்கம் பார்வைக்கோடு சுவரில் படும் இடத்தைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். அந்த குறிப்பிற்கு மேல் சுவரின் மேல் முனை வரை கம்பத்தை வைத்து அளந்து கொள்ளவேண்டும். கருவி மட்டத்துடன் இந்த உயரத்தைக் கூட்டிக் கொண்டால்

சுவரின் மேல் மட்டம் கிடைத்து விடும். சுவரின் அடுத்த பக்கம் மட்டகியை மாற்றிக் கொண்டு, பார்வைக் கோட்டு மட்டத்தைச் சுவரில் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். அதற்கு மேலே உள்ள சுவரின் உயரத்தை அளந்து கொள்ளவேண்டும். சுவரின் மேல் மட்டத்திலிருந்து இதைக் கழித்தால் கருவி மட்டம் கிடைத்துவிடும். புதிய இடத்தில் கருவிமட்டம் கிடைத்ததும் மட்டகையைத் தொடரலாம்.



படம் 252

மாறாக சுவரின் இருபக்கத்திலும், இரண்டு முளைகளை அடித்துக் கொள்ளலாம். ஒரு பக்கத்து முளையின் மட்டத்தைக் கண்டு பிடித்துக்கொள்ளலாம். அதன் மேல் சுவரின் உயரத்தைக் அளந்து கொள்ளலாம். முளை மட்டத்துடன் சுவர் உயரத்தைக் கூட்டிக் கொண்டால், சுவரின் மேல் மட்டம் கிடைக்கும். அடுத்த பக்கம் உள்ள முளைக்கு மேல் சுவர் உயரத்தைக் கம்பத்தால் அளந்து கொண்டு அதைச் சுவரின் மேல் மட்டத்திலிருந்து கழித்தால் முளையின் மட்டம் கிடைக்கும். அதிலிருந்து மட்டகையைத் தொடரலாம்.

வளியழுத்தமானி மட்டகை

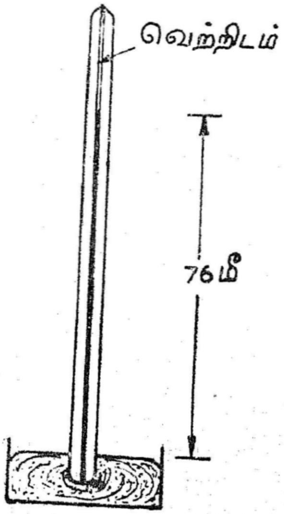
வளி மண்டலத்தின் காற்றழுத்தம், உயரத்திற்கு எதிர் விகிதத்தில் மாறுகிறது. அதனால் ஓர் இடத்தின் வளியழுத்தம் தெரிந்து கொண்டால் அந்த இடத்தின் உயரத்தைக் கண்டு கொள்ளலாம். மலை நாடுகளில் பல்வேறு இடங்களின் உயரத்தைக் கண்டுபிடிக்க இம்முறை பயன்படுகிறது. வளிமண்டல அழுத்தம் அடிக்கடி மாறிக் கொண்டிருக்குமாதலால், உயரம்

துல்லியமாகக் கிடைக்காது. ஆனால் 2 அல்லது 3 மீட்டர் வேறு பாட்டுக்குள் இருக்கும். இது பெரும்பாலும் உளவு அளக்கை (reconnaissance) களுக்கு மட்டுமே பயன்படுகிறது.

வளியழுத்தம் அளக்க இரண்டு வகைக் கருவிகள் உள்ளன, அவை: (அ) பாதரச வளியழுத்தமானி. (ஆ) வரல் வளியழுத்த மானி.

(அ) ஹிக் (Hick's) அவர்களின் பாதரச வளியழுத்தமானி

76 செமீ க்குக் கூடுதல் நீளமுடைய, ஒரு பக்கம் மட்டும் மூடிய கண்ணாடிக்குழாயும், ஒரு கிண்ணமும், பாதரசமும் அளவு கோலுமே இதன் கருவித் தொகுதிகளாகும். குழாயில் பாதரசத்தை நிரப்பி; விரலால் அதன் வாயை அடைத்துக்கொண்டு, கவிழ்த்து பாதரசக் கிண்ணத்திற்குள் விரலை எடுத்து விட்டால், குழாயில் பாதரசம் நிற்கும். அதன் மேற்பகுதியில் வெற்றிடம் அமைந்திருக்கும். நிற்கும் பாதரசத்தின் உயரத்தை வெர்னியர் கொண்ட அளவுகோலால் 0·01 செமீ துல்லியமாக அளந்து கொள்ளலாம். இந்த பாதரச உயரத்தைக் கொண்டே வளியழுத்தத்தை அறியலாம்.



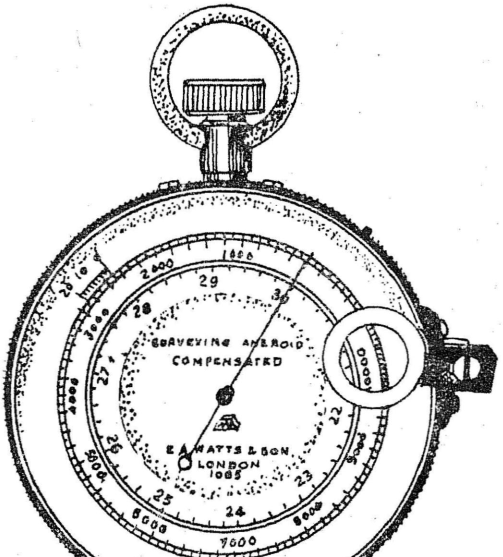
படம் 253

இது தொலையானது. ஆங்காங்கு எடுத்துச்செல்ல இயலாது நிலையான ஒரு சில ஆய்வுக் கூடங்களில் மட்டுமே பார்க்க இயலும், அதனால் இது பெரும்பாலும் அளக்கைகளுக்குப் பயன்படுவதில்லை.

(ஆ) வரல் வளியழுத்தமானி (Aneroid Barometer) (படம் 251) :

கிரேக்க மொழியில் 'நீரோ' என்றால் ஈரம். அனிராய்டு என்றால் ஈரமில்லாத என்று பொருள். பாதரசம் போன்ற நீர்மப் பொருள் ஏதுமின்றி அமைந்தது இக்கருவி 75 செமீ முதல் 12 செமீ வரை விட்டமுள்ள உருளைப்பெட்டி ஒன்றில் காற்றுப் புகாமல் மூடியிருக்கும். அதன் உள்ளேயிருந்த காற்று ஓரளவு வெளியேற்றப்பட்டிருக்கும். அதன் முனை வளைவு வளைவாக (corrugated) நுட்பமாக அமைந்திருக்கும். வெளிக்

காற்றின் அழுத்தத்தால் இதில் ஏற்படும் மாற்றங்கள் வில், சங்கிலி, நெம்புகோல் (springs, chains, levers) அமைப்பால் மாற்றப்பட்டு, அளவுமுகத்தில் சுழலும் முள்ளை இயக்குகிறது. இந்த அளவுமுகத்தில் இரண்டு அளவுகள் குறிக்கப்பட்டிருக்கும். வெளிவளையத்தில், உயரம் மீட்டரிலும், உள் வளையத்தில், அதற்கு இணையான பாதரச உயரம் செமீ யிலும் குறிக்கப்பட்டிருக்கும்.



வளியமுத்தமானி

படம் 254

உயரம் தெரிந்த இடத்தில் நின்று கொண்டு கருவியின் முள்ளை சரியான அளவில் இருக்குமாறு அமைத்துக் கொள்ளவேண்டும். இக் கருவியில் வெப்பத்தால் ஏற்படும் விளைவுகள் ஈடுசெய்து கொள்ளுமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இதை எப்போதும் கிடைமட்டத்தில் வைத்தே அளவு படிக்கவேண்டும். அளவுகள் படிக்கு முன், கருவியின் பாகங்களில் உள்ள உராய்வுப் பிடிப்புக்களை நீக்குவதற்கு மெதுவாகத் தட்ட வேண்டும். பின்னர் அளவு படிக்கலாம்.

வளியமுத்தமானியில் மட்டகை

வளியமுத்தமானியில் உயரம் கண்டுபிடிக்க இரண்டு வழிகள் உண்டு. 1. ஒரே கருவி முறை (single observation method).

2. இருகருவி முறை (simultaneous observation method).

1. ஒரே கருவி முறை: ஒரு வளியமுத்தமானியில் ஓர் இடத்தில் அமுத்தம் அளந்ததும், அதே கருவியை இன்னொரு இடத்திற்கு எடுத்துச் சென்று அங்கும் அமுத்தம் அளக்கப் படுகிறது. பின்னர் முதல் இடத்திற்கே எடுத்து வந்து மீண்டும் வளியமுத்தம் அளக்கப்படுகிறது. ஒவ்வொரு அளவின் போதும் வெப்பநிலையும், நேரமும் குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது.

2, இரு கருவி முறை: இதில் ஏற்கனவே ஒப்பிட்டுப் பார்க்கப்பட்ட இரண்டு வளியமுத்தமானிகள் பயன்படுகின்றன. ஒன்று தொடக்க நிலையத்திலேயே இருக்கும். இதில் குறிப்பிட்ட கால இடைவெளியில், தொடர்ந்து வளியமுத்தத்தையும், அத்துடன் இணைக்கப்பட்ட வெப்பமானியில் வெப்பத்தையும் குறித்துக் கொள்ளப்படுகிறது.

இன்னொரு வளியமுத்தமானி (களக்கருவி) யை ஒவ்வொரு இடத்திலும் எடுத்துச்சென்று, அமுத்தமும், வெப்பமும் அளந்து கொண்டு மீண்டும் தொடங்கிய இடத்திற்கே வந்து அளவு எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். கள அளவுகளின் போது நேரம் குறித்துக்கொண்டால், அதை முதல் கருவியின் அளவுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்க முடியும்.

உயர வேறுபாடு கண்டுபிடிப்பதற்கான வாய்ப்பாடு:

$$H = 18336{\cdot}3\ (\log h_1 - \log h_2)\left(1 + \frac{T_1 + T_2}{500}\right)$$

இதில்

H = இரு நிலையங்களின் உயர வேறுபாடு.
h_1 = கீழ் நிலையத்தின் அளவு செமீ யில்.
h_2 = மேல் நிலையத்தின் அளவு செமீ யில்.
T_1 = கீழ் நிலையத்தின் காற்று வெப்பம் சென்டிகிரேடில்.
T_2 = மேல்நிலையத்தின் காற்று வெப்பம் சென்டிகிரேடில்.

T_1 & T_2 ஆகியவை தனி வெப்பமானியில் அளக்கப்படுகின்றன.

பாதரச வளியமுத்தமானியாக இருந்தால், பாதரசத்தின் வெப்ப வேறுபாட்டிற்கு திருத்தம் சேர்க்கவேண்டும். களத்தில் எடுக்கப்படும் வளியமுத்த அளவுகளுக்கான வாய்ப்பாடுகள்:

$h_2 = h'_2 \; \{ 1 + a\,(t_1 - t_2) \}$

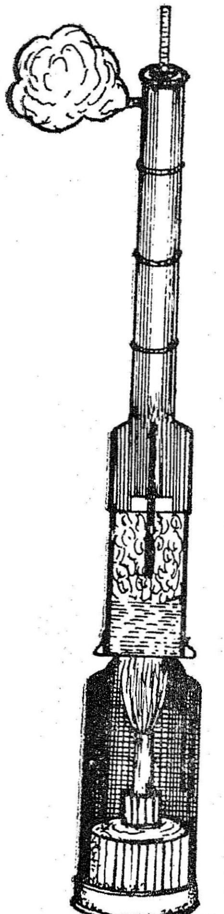
இதில் h_2 = இரண்டாவது நிலையத்தில் திருந்திய வளியமுத்தம்

a கண்ணுடி, பாதரசம் ஆகியவற்றின் வெப்பம் விரிவுக் கெழுவின் வேறுபாடு

$= 0{\cdot}00017$

t_1 = கீழ் நிலையத்தில் பாதரசத்தின் வெப்பநிலை.

t_2 = மேல் நிலையத்தில் பாதரசத்தின் வெப்பநிலை.



படம் 255

t_1 & t_2 வெப்பநிலைகள் களக் காற்றமுத்த மானியோடு இணைந்த வெப்பமானியில் அளக்கப்படுகின்றன.

இவ்வாறு திருந்திய வளியமுத்தமானி அளவை முந்தைய வாய்ப்பாட்டில் சேர்த்துக் கொள்ளவேண்டும்.

ஆவியளவி (படம் 255): இதை வெப்ப—வளியமுத்தமானி என்றும் சொல்வர். இதன் மூலமும் உயரங்களைத் தோராயமாக அறியலாம். ஒரு நீர்மத்தின் (liquid) கொதிநிலை, அதைச்சுற்றியுள்ள வளியமுத்தத்தைப் பொறுத்திருக்கும். வளியமுத்தம் குறைந்தால் கொதிநிலையும் குறையும். உயரம் அதிகமாக அதிகமாக, வளியமுத்தம் குறையும். எனவே உயரத்திற்கேற்ப நீர்மத்தின் கொதிவெப்ப நிலையும் குறையும். கொதிவெப்ப நிலையிலிருந்து வளியமுத்தத்தையும் அதிலிருந்து உயரத்தையும் கணக்கிடலாம்.

ஆவியளவியில் $\frac{1}{5}$F அல்லது $\frac{1}{10}$C வரை பகுப்பு வரைவுகள் கொண்ட வெப்பமானி உள்ளது. அது செருகு குழாய் ஏற்பாட்டின் மூலம், கொதி நீர்க்கொள்கலன் ஒன்றில் நீர் மட்டத்திற்கு மேலே இருக்குமாறு நட்டமாகத் தொங்கவிடப் பட்டுள்ளது. கொதிகலனில் மழை நீர் அல்லது நல்ல, மென்மையான நீர் உள்ளது. தண்ணீர் ஒரு சாராய விளக்கால் காய்ச்சப்படுகிறது. வெப்பமானி

தண்ணீருக்குச் சற்றே மேலே இருந்து நீராவியின் வெப்பத்தை அளக்குமாறு அவ்வப்போது, அமைத்துக் கொள்ளலாம். வெளியே உள்ள வேறொரு வெப்பமானியில் வெளிக் காற்று வெப்பம் அளந்து கொள்ளப்படுகிறது.

கடல் மட்டத்தில், 76 செமீ வளியழுத்தமும், 0° C வளி வெப்பமும் உள்ளபோது, நீரின் கொதிநிலை 100° C ஆகும். 297·2 மீ உயரத்திற்கு 1° C கொதிநிலையில் குறைகிறது, பல்வேறு கொதி நிலைகளுக்கேற்ற வளியழுத்தங்களும், உயரங்களும் கணக்கிட வாய்ப்பான பட்டியல்கள் உண்டு. அவற்றிலிருந்து, அழுத்தத்தையும், உயரத்தையும் நேரடியாகக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளலாம். அத்தகைய பட்டியல்கள் கிடைக்காத போது பின்கண்ட வாய்ப்பாட்டைப் பயன்படுத்தி அறியலாம்.

வளியழுத்தம் (மெர்குரி உயரம் செமீ)

$$= 76{\cdot}00 \pm 2{\cdot}679t_1$$

இதில் t_1 = கொதி நிலைக்கும் 100°C க்கும் உள்ளவேறுபாடு.

இந்த வளியழுத்தத்தை, வளியழுத்த வாய்ப்பாட்டில் சேர்த்து, உயர வேறுபாட்டைக் கணக்கிடலாம்.

உயரத்தைக் கண்டுபிடிக்க, கீழ்க்கண்ட தோராய வாய்ப்பாட்டை (emiprical formula) யும் பயன்படுத்தலாம்.

$$H = (285{\cdot}9t^2 + 0{\cdot}74t)\,a$$

இதில் H = அடிமட்டத்திற்கு மேல் இந்த இடம் உள்ள உயரம். (இங்கு அடிமட்டம் என்பது நீர் 100° C யில் கொதிக்கும் இடம் ஆகும்.)

t = 100° C யிலிருந்து, கொதிநிலை உள்ள வேறுபாடு.

a = காற்று வெப்பத்திற்கான திருத்தம்

$$= 1 + \frac{T_1 + T_2}{500}$$

மட்டகையில் பிழைகள்

மட்டகையில் பிழை வரும் வழிகள் வருமாறு

1. கருவிப் பிழை

(அ) மட்டகி

(a) கருக்கான சரியாக்கம் இல்லாமை : பிழைகள் வரும் பெரிய வழி இதுவேயாகும் ; அடிக்கடி நேரக் கூடியதும் இதுவே

கருவிகளுக்கு ரசமட்டம் பொருத்தும் நோக்கம் பார்வைக்கோடு கிடைமட்டமாக அமையவேண்டுமென்பது தான். மட்டகி நல்ல நிலையில் இருக்கும் போது ரசமட்டக் குமிழை நடுவில் இருக்குமாறு செய்தால், பார்வைக்கோடு கிடைமட்டமாக வரவேண்டும். அப்படி வராதிருந்தால், ரசமட்டக்குமிழ்க் கோடும், பார்வைக்கோடும், இணையாக இல்லை என்று பொருள். அதனால் குமிழ் நடுவில். இருந்த போதிலும், பார்வைக் கோடு மேலேயோ, கீழேயோ சாய்ந்திருக்கும். இதனால் ஏற்படும் பிழை, மட்டகைக் கம்பம் கருவியிலிருந்து எவ்வளவு தொலை வில் உள்ளதோ, அதற்கு நேர் விகித சமத்தில் இருக்கும், இப் பிழை வராமல் தடுக்க (i) முன் பார்வைத் தொலைவு, பின் பார்வைத் தொலைவுகளை ஒரளவு சமமாக வைத்துக் கொள்ள வேண்டும். (ii) கருவியைச் சோதனை செய்து சீர்திருத்தி வைத்துக் கொள்ளவேண்டும்.

b. தவறான செருகு குழாய் ; தொலைநோக்கியைக் குவியப் படுத்தும் போது, செருகு குழாய் நகருவதால் சரியாகிறது. செருகு குழாய் கிடை மட்டமாக, அல்லது தொலைநோக்கி அச்சில் நகராமல், சற்றே சாய்ந்து நகர்ந்தாலும் பிழை ஏற்படும். மிகக் குறைந்த தொலைவில் அளவு எடுக்காதிருந்தால் இப் பிழையைத் தவிர்க்கலாம்.

c. குறையுடைய ரசமட்டம் : குமிழ் மிக மெதுவாக நகருவதாக இருந்தால், சிறிது நேரத்திற்கு நடுவில் இருப்பது போலத் தோன்றினாலும், பின்னர் விலகிவிடலாம். அதனால் நடுவில் இருப்பதாகத் தோன்றிய பொழுது. பார்வைக் கோடு கிடையாக இருக்காது. ரசமட்டத் துல்லியம் மிகையாக இருந்தால் குமிழ் நடுவில் வரமிகுந்த நேரம் பிடிக்கும்.

d. கம்பம் : மட்டகைக் கம்பத்து அளவுகள் சமமாகப் பிரிக்கப்படாவிட்டால் பிழைகள் வரலாம். எளிய மட்டகையில் இப்பிழை அவ்வளவு பெரிதல்ல.

2. கைப்பிழை

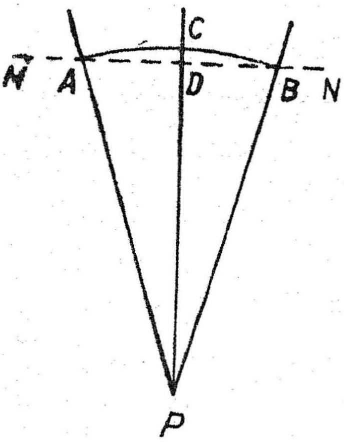
(i) கருவியை மட்டப்படுத்தும் போது கவனமின்மை

கருவியை நிறுத்தியதும் மட்டப்படுத்துவதில் கவனமாக இருக்க வேண்டும். மட்டப் படுத்தியதும், கருவியின் கால்களின் மீது கைவைக்கக் கூடாது. கால்கள் நன்றாக ஊன்றி நிற்க வேண்டும். நடுவில் வழுக்கி, நகர்ந்து விடக் கூடாது.

(ii) அளவு படிக்கும் போது குமிழ் நடுவில் இல்லாததால் ஏற்படும் பிழை

இது தவிர்க்கக் கூடிய, அடிக்கடி நேரும் பெரும் பிழையாகும். ஒவ்வொரு தடவையும் அளவு படிக்கும் போதும் குமிழ் நடுவில் இருக்கவேண்டியது மிகவும் இன்றியமையாதது. அளவு படிக்கும் முன்னரும், பின்னரும் குமிழைப் பார்த்து, அது நடுவில் உள்ளதா என உறுதி செய்து கோள்ளவேண்டும். தேவைப் பட்டால் தொலை நோக்கி அச்சிற்கு மிக அருகில் உள்ள அடித் திருகைச் சற்றே இயக்கி, குமிழ்நிலையைச் சரியாக்கலாம். இதனால் வரும் பிழை ரசமட்டத்தின் துல்லியத்தையும், கருவிக்கும், கம்பத்திற்கும் உள்ள இடைவெளியைப் பொருத்து அமையும்.

(iii) மட்டகைக் கம்பம் நட்டமாகப் பிடிக்காமை



படம் 256

மட்டகைக் கம்பத்தை எப்போதும் செங்குத்தாகப் பிடிக்க வேண்டும். கம்பம் சாய்ந்திருந்தால் 256 ஆம் படத்தில் *MN* பார்வைமட்டம். கம்பம் நட்டமாக இருக்கும் போதைய அளவு *PD*. கம்பம் முன்னாலோ, பின்னாலோ சாய்ந்திருந்தால் கிடைக்கும் அளவு *PA* அல்லது *PB* இருக்கும்.

இதில் $PP = PC = PB$.

PC அளவு *PD* அளவைவிட அதிகம் அதாவது, கம்பம் நட்டமாக இல்லாவிட்டால் கிடைக்கும் அளவு எப்போதும் அதிகமாக இருக்கும். $\therefore$ பிழை $CD = PC - PD$.

கம்பம் நட்டமாக இல்லாமலிருப்பதால் ஏற்படும் பிழை, கம்பத்து அளவுக்கு நேர்விகிதத்திலும், கம்பத்தின் சாய்மானத்தின் இருமடிக்கு நேர்விகிதத்திலும் இருக்கும். சாய்வு கூடினால் பிழையும் மிகும். அதனால் கம்பத்தின் மேமட்டங்களில் அளவு எடுக்கும் போது, விழிப்புடன் இருக்கவேண்டும். இந்தப் பிழையைத் தவிர்க்க, கம்பத்தை நேராகப் பிடிக்க ஏற்பாடு செய்ய வேண்டும். கம்பத்தோடு ஒரு வட்ட ரசமட்டம் இணைத்துக் கொள்ளலாம். அல்லது ஒரு தூக்குக் குண்டு இணைத்துக் கொள்ளலாம். அல்லது கம்பத்தை முன்னும், பின்னும் சாய்த்து

அதில் கிடைக்கும் மிகக் குறைந்த அளவை எடுத்துக்கொள்ளலாம். பக்கவாட்டில் ஏற்படும் சாய்வை தொலைநோக்கியின் திரையில் இருக்கும் நடுக்கோட்டுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்த்து, அதன்படி கம்பத்து ஆளுக்கு ஆணையிட்டு நேராக்கலாம்.

(3) காணும் பிழை : கண் வில்லையும், பொருள் வில்லையையும் சரியாகக் குவியப்படுத்தாவிட்டால் இப்பிழை நேருகிறது. அவற்றைக் கருக்காகக் குவியப்படுத்தி இடமாறு தோற்றப் பிழை இல்லாமல் செய்யலாம்.

(4) கம்பம், மட்டகி ஆகியவற்றின் அமிழ்வால் வரும் பிழை

மட்டகியை ஈர நிலத்தில் நிறுத்தியிருந்தால், பின்பார்வை எடுத்த பின், இடைப்பார்வைகள் எடுத்துவிட்டு முன் பார்வை எடுக்கு முன் நிலத்தில் இறங்கிட, அழிந்து விட வாய்ப்பு உள்ளது. அதனால் முன் பார்வையின் அளவு குறைந்து, அதன் குறைந்த மட்டம், அமிழ்வுக் கேற்ப கூடிவிடும்.

அதே போல, முன்பார்வை எடுத்த பின் கருவியை வேறு இடத்திற்கு மாற்றி பின்பார்வை எடுக்குமுன், கம்பம் உள்ள மாறு மேடை இறங்கி விட்டால், பின்பார்வை அளவு குறைந்து விடும். எனவே கருவிமட்டமும் பின்வரும் நிலையங்களின் மட்டமும் அமிழ்வுக்கேற்பக் கூடிவிடும். இந்தப் பிழைகள் கூடிக்கொள்பவை.

கருவியைக் கெட்டித்தரை பார்த்து நிறுத்துவதால் அமிழ்வைத் தடுக்கலாம். ஈரத்தரை, மெதுவான நிலங்களில் நிறுத்த வேண்டுமானால், பலகைகல் அல்லது அகண்ட கற்களைப் பரப்பி அதன்மீது மட்டகியின் கால்களை நிறுத்தலாம். அதே போல மாறு மேடைகளைக் கெட்டித்தரையில் அமைப்பதன் மூலம், கம்பம் இறங்குவதைத் தடுக்கலாம். ஈரத்தரையாக இருந்தால் கால்முளை, கால்தகடு, இரும்பாணி ஆகியவற்றை அடித்து அதன் மீது கம்பத்தை வைத்துப் பிடித்துக் கொள்ளலாம். மாறு மேடையின் மட்டம் பின்வரும் அளவுகளைப் பாதிக்குமாதலால் அதிக கவனம் செலுத்த வேண்டும்.

கருவி அமிழ்வதாலோ, கம்பம் அமிழ்வதாலோ. கம்பம் நேராக இல்லாததாலோ ஏற்படும் பிழைகள், அதுவும் முன் பார்வை, பின்பார்வைகளில் ஏற்படும் பிழைகள் எல்லா அளவுகளிலும் தொடர்ந்து வருமாதலாலும், இவை அனைத்தும் ஒரே அடையாளம் உள்ளவையாதலாலும், மொத்தத்தில் எல்லாப் பிழைகளும் கூடித் திரண்டு, பெருத்த பிழையாகிவிடும்.

(5) இயற்கை வழிகளில் ஏற்படும் பிழைகள்

(a) புவிவளைவு, (b) ஒளி முறிவு, (c) காற்றோட்டம், வெப்பம் முதலியன : எளிய மட்டகையில் புவியின் வளைவையும், ஒளி முறிவையும் கருத வேண்டியதில்லை. ஏனெனில் அது, சுமார் 300 மீட்டருக்கு 0·003 மீட்டர்தான்.

பொருள் வில்லையின் மீது வெய்யில் படும்போது தொல்லையாக இருக்கும். நிழற்குழாயை இழுத்துவிட்டு நிழல் அமைக்கலாம். நிழற்குழாய் இல்லையெனில் கையாலோ, களக் குறிப்பேட்டாலோ குடையாலோ, நிழல்காட்டலாம். அல்லது கருவியை, அளக்கைக் கோட்டின் மறுபக்கம் நிறுத்தி பகலவனைப் பின்னால் தள்ளி விடலாம். வெப்பம் மிகுந்த வேளைகளிலும், காற்று வீசும் மிகுந்திருக்கும்போதும் மட்டகை செய்யாமலிருப்பது நல்லது. வெய்யில் நாடான தமிழ்நாட்டில் காலை 10·00 மணிக்குப் பின்னரும் மாலை மாலை 4·00 மணிக்கு முன்னரும் மட்டகையை நிறுத்தி வைக்கலாம். எளிய மட்டகையில் வெப்பத்தின் விளைவைப் பொருட்படுத்த வேண்டியதில்லை.

(6) மட்டகையில் அடிக்கடி நேரும் தவறுகள் :

1. பின்பார்வை, முன்பார்வை ஆகியவை ஒரே இடத்தில் எடுக்கலாம்.
2. கம்பத்து அளவைத் தொலைநோக்கி மூலம் காணும்போது கீழ்நோக்கி அளப்பதற்குப்பதில், மேநோக்கி அளந்து விடுதல்.
3. திரையில் உள்ள படுவரைகளில், நடுக்கோட்டில் அளவு படிக்காமல், மேலே அல்லது கீழே உள்ள கோட்டில் அளவு படித்தல்.
4. கம்பத்தில் தவறான மீட்டர் கோடுகளையும் டெசிமீட்டர் கோடுகளையும் பார்த்து விடுதல்.
5. பின்பார்வை அளவுகளை முன்பார்வைக் கட்டத்தில் எழுதி விடல் அல்லது அதன் மாற்று.
6. எழுத்துக்களை மாற்றி எழுதி விடல்.
7. கணக்கிடும்போது, முன்பார்வையைக் கூட்டியபின் பார்வையைக் கழித்து விடல்.

8, சில அளவுகளை விட்டுவிடுதல்.

9. மட்டகைக் கம்பத்தில், செருகு கம்பங்கள் இரண்டையும் இழுத்து விடாமல் விடுபட்டுப்போதல்.

மட்டகையில் துல்லியம்

மட்டகையின் துல்லியத்தை, அதில் வரும் இறுதிப்பிழையைப் பொருத்தே மதிப்பிடப்படுகிறது. தொடங்கிய இடத்திலேயே முடியாமல் வேறு இடத்தில் முடிந்தாலும், அவற்றின் குறைத்த மட்டம் தெரியாமல் இருந்தாலும் அதே மட்டகையை இன்னொரு முறை இறுதிப் புள்ளியிலிருந்து முதற் புள்ளிக்கு ஓட்டி, இரண்டு அளவுகளையும் ஒப்பிட்டு அறியப்படுகிறது. பிழையில்லாதிருந்தால் முன் பார்வைகளின் கூட்டுத் தொகைகளும், பின் பார்வைகளின் கூட்டுத் தொகைகளும் சமமாக வரவேண்டும். பெரிய பிழைகள் ஏதும் இல்லாதிருந்தால் கூட இவை பெரும் பாலும் ஒன்றிவாரா. அவ்வாறு கிடைக்கும் வேறுபாடு இறுதிப் பிழை எனப்படும். இது, கூடிக்கொள்ளும் பிழைகள், முறையான பிழைகள் (systamatic) ஈடுசெய்து கொள்ளும் பிழைகள் தற்செயல் பிழைகள் ஆகியவற்றின் தனித்த அல்லது கூட்டுவிளைவால் ஏற்படுகிறது. தற்செயல் பிழைகள் என்பது அளவைத்தவறுகப் படித்தல், ரச மட்டக்குமிழை பாராததால் ஏற்படும் பிழை போன்றவை.

மட்டகையின் துல்லியம் அதன் தேவையைப் பொறுத்து இருக்கும். அனுமதிக்கப்பட்ட இறுதிப் பிழையைக் கீழ்க்கண்ட வாறு எழுதலாம்.

$$E = C\sqrt{K}$$

இதில் E = பிழை மில்லி மீட்டரில்

C = மாறிலி

K = தொலை கிலோ மீட்டரில்,

மாறிலி C யின் மதிப்பு (i) கருவியின் தன்மை

(ii) அளவு எடுப்போரின் திறமை கவனம்.

(iii) மட்டம் பார்க்கும் இடத்தின் நில அமைப்பு.

(iv) வானிலை இருப்பு ஆகியவற்றைப் பொறுத்து மாறும்.

(1) தோராய மட்டகை
(Rough levelling) ; $E = \pm 96\sqrt{K}$

(2) எளியமட்டகை.
(Ordinary levelling) : $E = \pm 24\sqrt{K}$

(3) கருக்கான மட்டகை.
(Accurate levelling) : $E = \pm 12\sqrt{K}$

(4) துல்லிய மட்டகை.
(Precision levelling) : $E = \pm 6\sqrt{K}$

உயர் துல்லியமட்டகைக்கு அனைத்துலகப் புவிப்பகுப்பளவைக் கழகம் (International Geodetic Association) $E = \pm 1\sqrt{K}$ என்று தகுதி விதித்துள்ளது.

எடுத்துக்காட்டு

அ என்ற நிலையத்தின் குறைத்த மட்டம் 341·125. ஆ என்ற நிலையத்தின் உயரம் அறிய நடத்தப்பட்ட துல்லியமட்டகை அளவுகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

1. அ விலிருந்து ஆ செல்கையில்

பின்பார்வை	முன்பார்வை
2·419	0·398
1·653	0·216
1·926	0·564

2· ஆ விலிருந்து அ வருகையில்

பின்பார்வை	முன்பார்வை
0·392	1·760
0 468	1·912
0·416	2·432

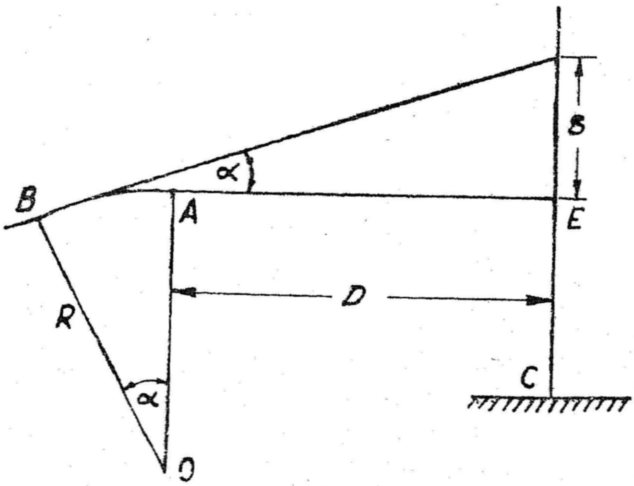
இறுதிப் பிழை கண்டுபிடித்து, பார்வை அளவுகளைச் சீராக்கி ஆ, மாறுமேடை ஆகியவைகளின் குறைத்த மட்டங்கள் காண்க.

செய்முறை : பின்பார்வைக் கூட்டலுக்கும் முன்பார்வைக் கூட்டலும் உள்ளவேறுபாடு இறுதிப்பிழை ஆகும். அதை இரண்டாகப் பகிர்ந்து, பின்பார்வையிலும், முன் பார்வையிலும்:

விடை

நிலையங்கள்		அளவுகள்		ஏற்றம்	இறக்கம்	தோராய உயரம்	சரியான உயரம்
		பின் பார்வை	முன் பார்வை				
அ	முன்னோட்டம்	2·419				341·125	341·125
மா. மே. 1		4 1·653	7 0·398	2·022		343 147	343.143
மா. மே. 2		7 1·926	0·216	1·438		344·585	344·584
ஆ			3 0·564	1·364		345·949	345·949
ஆ	பின்னோட்டம்	3 0·392				345·949	
2		0·468	1·760		1·367	344·582	
1		7 0·416	1 1·912		1·443	341·139	
அ			1 2·432		2·014	343·123	
		7·274	7·282	4·824	4·824		

கூட்டிக் குறைத்து அட்டவணையில் காட்டியதுபோல திருத்திக் கொள்க. ஏற்ற இறக்க முறையில். தோராய மட்டங்களைக் குறைத்துக் கொள்க. 'அ' நிலையத்தின் மட்டம் தெரியும், பிற நிலைய மட்டங்களுக்கு சராசரி கண்டுபிடித்து சரியான உயரம் கண்டு கொள்க.



படம் 257

ரசமட்டத்தின் துல்லியத்தைக் கணக்கிடுதல் : இதற்கு ரசமட்டத்தின் (அ) வளைவின் ஆரத்தைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். (ஆ) அதில் ஒரு பிரிவின் கோணத்தைக் கண்டு பிடிக்க வேண்டும்.

செய்முறை

257 ஆம் படத்தில் காட்டியதுபோல,

1. ஒரு குறிப்பிட்ட நீளம் 50மீ அல்லது 100மீ அளந்து வைத்து இரண்டு புள்ளிகளைக் (O & C) குறித்துக்கொள்க.

2. மட்டகியை O வில் நிறுத்தி மட்டப்படுத்திக் கொள்க.

3. C நிலையத்தில் உள்ள கம்பத்தை நேராக நிறுத்தி, ரச மட்டக்குமிழ் நடுவில் இருக்கும்போது பார்த்து அளவு படித்துக் கொள்க.

4. தொலைநோக்கியின் கீழுள்ள அடித்திருகுகளில் ஒன்றை இயக்கி, ரசமட்டக்குழாயில், குமிழ் ஒரு சில பிரிவுகள் நகர்ந்ததும் அளவு எடுத்துக்கொள்க. ஒரு பிரிவின் நீளம் l எனவும், n பிரிவுகள் நகர்ந்ததாகவும் இருக்கட்டும்.

5. கம்பத்து அளவு இரண்டிற்கும் உள்ள வேறுபாடு காண்க.

(அ) ஆரம் : AEF முக்கோணமும், OAB முக்கோணமும் ஓரளவு ஒரே மாதிரியானவை.

அதனால் $\tan \alpha = \frac{EF}{AE} = \frac{s}{D}$

α மிகச் சிறியதாகையால்

$\alpha = \frac{s}{D}$ ரேடியன்கள்

அதேபோல

AB வில் $= nl = R\alpha$

அல்லது $\alpha = \frac{nl}{R}$

$\therefore \alpha = \frac{s}{D} = \frac{nl}{R}$

$\therefore R = \frac{nlD}{s}$

இதில் $R = OB$ = ரசமட்டக் குழாயின் வளைவு ஆரம்

$s = EF$ = கம்பத்து அளவு வேறுபாடு

l = ரசமட்டக் குழாயில் ஒரு பிரிவின் நீளம் மிமீ

n = குமிழ்ந்த பிரிவுகளின் எண்ணம்

$OC = D$ = கருவிக்கும், கம்பத்திற்கும் உள்ள தூரம்

α = இரண்டு பார்வைக் கோட்டின் இடைபடு கோணம்

குறிப்பு : D, s, l, ஆகிய நீளங்கள் ஒரே அலகில் சொல்லப் பட வேண்டும்.

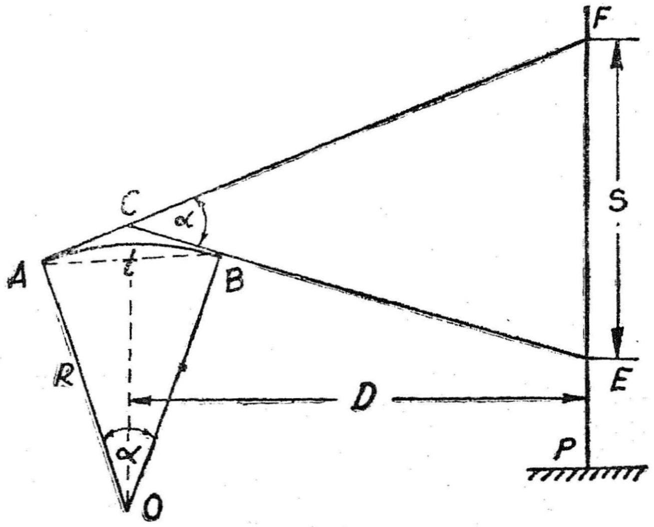
(ஆ) ஒரு பிரிவின் கோண அளவு

$\alpha = \frac{l}{R} = \frac{s}{Dn}$ (ரேடியன்களில்)

$= \frac{l \times 206265}{R} = \frac{s \times 206265}{Dn}$ (நொடிகளில்)

$$= \frac{s}{Dn \sin 1''} \left(\because 1 \text{ ரேடியன்} = 206265 \text{ நொடிகள்} \quad \sin 1'' = \frac{1}{206265} \right)$$

மாற்றுமுறை :



படம் 258

1. குறிப்பிட்ட இடைவெளியில் O, C புள்ளிகளைத் தேர்ந்தெடுத்து, O வில் மட்டகியை நிறுத்தி மட்டப்படுத்திக் கொள்க (படம் 258).

2. தொலைநோக்கிக்கு கீழுள்ள அடித்திருகை இயக்கி, குமிழ் இடதுகோடி முனைக்கு வரச்செய்து, அதன் இரு முனைகளின் அளவையும் குறித்துக்கொள்க.

இதில் l_1 = குமிழின் இடதுபக்க முனை அளவு

r_1 = குமிழின் வலதுபக்க முனை அளவு

3. P நிலையத்தில் நேராகநிற்கும் கம்பத்தில் அளவு எடுத்துக் கொள்க.

4. குமிழின் வலது பக்க முனையை வலது பக்க முனையை ஒட்டி, அதன் இருமுனை அளவுகளையும் எடுத்துக்கொள்க. அவை l_2, r_2 என இருக்கட்டும்.

5. மீண்டும் P நிலையத்தில் உள்ள கம்பத்தில் அளவு எடுத்துக் கொள்க.

6. இரண்டு அளவுகளுக்கும் வேறுபாடு (S) கண்டுபிடித்துக் கொள்க.

7. குமிழின் முனை அளவுகளிலிருந்து. அதன் மையம் நகர்ந்த பிரிவுகளின் எண்ணிக்கையைக் கண்டுபிடித்துக்கொள்க.

இடது பக்கத்தில் நடுஅளவு $= \frac{l_1 - r_1}{2}$

வலது பக்கத்தில் நடுஅளவு $= \frac{l_2 - r_2}{2}$

குமிழ் மையம் நகர்ந்த மொத்தப் பிரிவுகள் =

$$\frac{l_1 - r_1}{2} - \frac{l_2 - r_2}{2} = n$$ ஆக இருக்கட்டும்.

குறிப்பு : (i) மையத்திலிருந்து இடது பக்கம் உள்ளவற்றைக் கூட்டலென்றும் வலது பக்கம் உள்ளவற்றைக் கழித்தலென்றும் எடுத்துக்கொண்டால், குமிழின் நகர்வு.

$\left(\frac{l_1 - r_1}{2}\right)$ & $\frac{l_2 - r_2}{2}$ ஆகியவற்றின் (arithmetic sum) எண் கணிதக் கூட்டுத்தொகை ஆகும்.

(ii) வெப்பத்தால் சாராயம் விரிவடைவதால், காற்றுக் குமிழ் நீளம் குறையும். அதனால் இருமுனை அளவுகளும் தேவைப் படுகின்றன.

258 ஆம் படத்தில் A, B என்பவை இரண்டு நிலைகளிலும் குமிழின் மையங்கள் என்று வைத்துக் கொள்வோம்.

$AB = nb$ = குமிழின் மையத்தின் நகர்வு

PF & PE = அவற்றின் கம்பத்து அளவுகள்

$EF = s$ = கம்பத்து அளவுகளின் வேறுபாடு. CEF & AOB முக்கோணங்களை, ஒரே மாதிரி முக்கோணங்களாகக் கருதிக் கொண்டால்

$$\alpha \text{ (ரேடியனில்)} = \frac{s}{D} = \frac{nl}{R}$$

ஒருயரிகள்

தரைப் படங்களில், நீள அகலங்கள் காட்டப்படுகின்றன. அதிலேயே உயரத்தைப் பற்றிய தோராயமான மதிப்பீட்டைத் தருவதற்கு ஒருயரக் கோடுகளைப் பயன்படுத்துகிறோம்.

" நிலத்தில் ஒரே மட்டத்தில் உள்ள புள்ளிகளை இணைக்கும் கோடு ஒருயரக் கோடு அல்லது ஓருயரி எனப்படும்." சான்றாக ஒரு ஏரியில் தண்ணீர் நிற்கிறதென வைத்துக்கொள்வோம். அதன் மட்டம் 40 மீட்டர் என இருந்தால், தண்ணீரின் முனை நிலத்தைத் தொடும் கோடு 40மீ ஒருயரி ஆகும். தண்ணீரை ஒரு மீட்டர் குறைத்து 39மீ ஆக்கினால், இப்போது நீர் மட்டம் கரையைத் தொடும் கோடு 39மீ ஒருயரி ஆகும். இதே போல நீரை ஒவ்வொரு மீட்டராக குறைத்துக் கொண்டே வந்தால் முறையே 38மீ, 37மீ, 36மீ ஒருயரிகள் கிடைக்கும். தொடர்ந்து வரும் கோட்டை ஒருயரி என்றும் இரண்டு ஒருயரிகளுக்கிடையில் உள்ள நிலைவெளியை (vertical distance) ஒருயரிவெளி என்றும் சொல்லலாம். இரண்டு ஒருயரிகளுக்கிடையில் அமையும் கிடை தூரத்தை, சமக்கிடைவெளி (horizontal eqnivalent) என்றும் சொல்லலாம். ஒருயரி வெளி மாறாதது; ஆனால் சமக்கிடை வெளி நிலத்தின் சரிவைப் பொருத்து மாறிக்கொண்டே இருக்கும். என்பது குறிப்பிடத்தக்கது.

பள்ளத்தில் நீர் நிரப்பினால் ஒருயரிகள் அமையும் சான்றைப் போலவே மலைமுகடு ஒன்றை, ஒரு மட்டத்தில் கிடை மட்டமாக அறுத்தெடுத்தால், அறுபட்ட பரப்பின் ஓரம் அந்த மட்டத்தின் ஒருயரி ஆகும்.

வரை படத்திற்கேற்ப ஒருயரி வெளியைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ளலாம். (அ) நிலத்தின் இயற்கை அமைப்பு. (ஆ) அளக்கையின் பரப்பு தேவை. (இ) படத்தின் வரைவளவு. (ஈ) அளக்கைக் காகும் நேரம், செலவு முதலியவைகளைப் பொறுத்து ஒருயரிவெளி தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும்.

நிலத்தின் சரிவு கூடுதலாக, அதிகச் செங்குத்தாக இருந்தால். ஒருயரிவெளி பெரியதாக இருக்கவேண்டும்; இல்லையாயின் ஒருயரிகள் மிக நெருக்கமாக இருக்கும். வரைவளவு சிறியதாக இருந்தால் ஒருயரவெளி பெரிதாக இருக்கவேண்டும். ஒருயர வெளி சிறிதாக இருந்தால், களவேலையும், அலுவலகப் பணியும் மிகுந்துவிடும்.

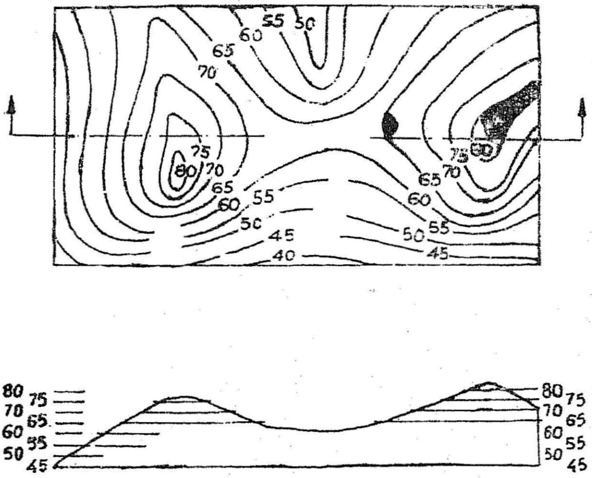
	நில அமைப்பு	வரைவளவு	ஒருயரவெளி
1.	மேடுபள்ளம் நிறைந்த இடம்	சிறியது	5மீ, 10மீ, 20மீ 25மீ
2.	சமவெளிப்பாங்கான இடம்	பெரியது	0·5 மீ

3. அமைவு அளக்கைகள் ——— 2 மீ

4. மனைப்பரப்புகள் ——— 0.5 முதல் 1 மீ வரை

5. வடிவமைப்பு, மண்வேலை அளவு மதிப்பிட ——— 0·5 மீ

ஒருயரவெளியை ஒரு தடவை தேர்ந்தெடுத்து விட்டால், அளக்கை முழுவதும் மாறுதாகையால், கூர்ந்து எண்ணித் தெரிந்தெடுக்க வேண்டும்.



படம் 259

ஒருயரிகளின் தன்மைகள் (படம் 259):

1. மலை முகடுகளின் அருகில் கோடுகளின் கிடைவெளி குறுகு இருப்பது, மலையின் செங்குத்து வாட்டத்தைக் காட்டும். தட்டையான வாட்டம் உடைய அடிவாரத்தில் அகண்டு இருக்கும்.

2. கிடைவெளிகள் சமமாக இருந்தால், அது சீரான வாட்டத்தைக் காட்டும். சமமாக உள்ள நேர்க்கோடுகள் சமதளத்தைக் காட்டும்.

3. முகட்டுக் கோடும், பள்ளத்தாக்குக் கோடும், ஒருயரிகளை குறுக்கே வெட்டிக் கொண்டு செல்லும். வளைவுக்கு உள்ள

ஒருயரிகள் வளர்ந்து சென்றால் அது பள்ளத்தாக்கு என்றும் அறியலாம். பள்ளத்தர்க்கு, முகடு ஆகியவற்றின் இருபக்கத் திலும் ஒருயரிகள் செல்லும். முகடுகளைப் புள்ளிக்கோட்டாலும் பள்ளத்தாக்கை முழுக்கோட்டாலும் குறிக்கலாம்.

4. ஒருயரிகள் ஒன்ருகக் கூடா. ஒன்றையொன்று குறுக்கிடா மூக்கை நீட்டிக் கொண்டிருக்கும் பாறைகளுக்கு இது விலக்கு. அப்போது தாழ்ந்த ஒருயரியைப் புள்ளிக் கோட்டால் காட்டுவது வழக்கம். பல ஒருயரிகள் ஒன்றின் மீதொன்று படிந்தால், அது செங்குத்துப் பரப்பைக் காட்டும்.

5. ஒருயரிகளின் முனை தனியாக எங்கும் நிற்காது; படத் திலோ, வெளியிலோ தனது அடுத்த முனையுடன் சேர்ந்து கொள்ளும்.

6. மூடிய ஒருயரிகள் பலவற்றின் வரிசை ஒரு மலை உச்சி யையோ, பள்ளத்தையோ குறிக்கும். நடுவில்செல்லச் செல்ல வளர்ந்தால் உச்சி என்றும். தளர்ந்தால் பள்ளம் என்றும், அறியலாம்.

7. இரண்டு உச்சிகளுக்கு நடுவில் உள்ள பள்ளம் குதிரை மீது அமருவதற்குப் போடும் சேணம் போல இருப்பதால் Saddle என்றே அழைக்கின்றனர். சேணம் வழியாக உச்சிகளை இணைக்கும் கோடு, நீர்பிடி பரப்பிற்கு எல்லையாகின்றது. அந்தக் கோட்டின் ஒரு பக்கம் விழும் நீர் அடுத்த பக்கம் ஓடாது.

ஒருயரிகளின் பயன்கள்

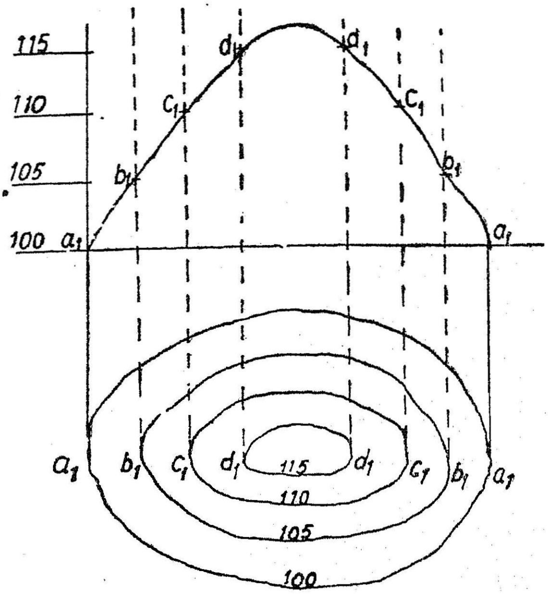
1. ஒருயரிப் படத்தைப் பார்த்து, அது மேட்டுப் பாங்கான இடமா, பள்ளத்தாக்கா, போன்ற விவரங்களை அறியலாம்.

2. ஏரிகள், குளங்கள், குட்டைகள், அணைகள், கால் வாய்கள், சாலைகள், இருப்புப்பாதைகள், கழிவுக் குழாய்கள் போன்ற பொறியியற் பணிகள் அமைப்பதற்கான இடங்களை எளிதாகத் தேர்ந்தெடுக்கலாம் (படம் 260).

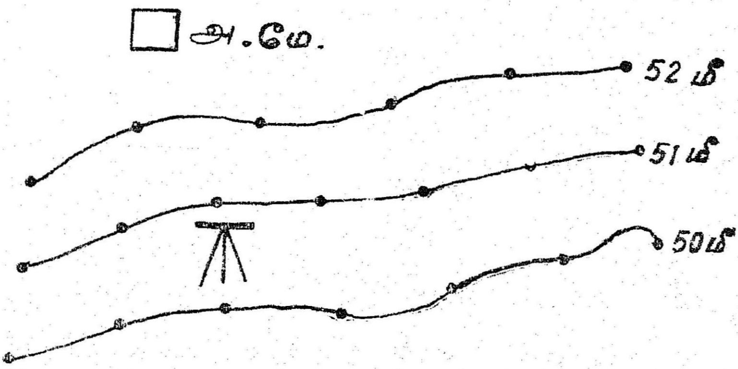
3. மண்வேலைப்பருமன் ஒருயரிப் படத்திலிருந்து எளிதாகக் கணக்கிடலாம். ('பருமனளவு காணல்' காண்க).

4. அணையின் ஏற்பளவு; வடிகால், (Drainage basin) பரப்பு முதலியவற்றைக் கணக்கிடலாம்.

5. எந்தத் திசையில் வேண்டுமானாலும் குறுக்குவெட்டுகள் வரையலாம் (படம் 261).



படம் 260



படம் 261

6. நீர்ப்பிடி பரப்புகள் அறியலாம்.

7. ஒன்றிலிருந்து மற்றது தெரியுமா என்பதை அறிந்து கொள்ளலாம்.

8. தேவையான சாய்வில் பாதை அமைக்க இடம் கண்டு பிடிக்கலாம்.

ஒருயரிகள் அமைத்தல் : ஒருயரிகள் அமைக்கும் முறையை இரண்டாகப் பிரிக்கலாம். 1. நேர்முறை. 2. பிறமுறை.

1. நேர்முறை : இந்த முறையில் வரையவேண்டி ஒருயரப் புள்ளிகளை நிலத்தில் மட்டகியாலோ கை மட்டகியாலோ கண்டு குறித்துக்கொண்டு, அப்புள்ளிகளை அளக்கை முறைப்படி அளந்து கொள்வதாகும். இதை வேகமாகச் செய்ய முடியாது; தொல்லை யும் மிகும்; இருந்தாலும், இதன் விளைவுகள் துல்லியமாக இருக்கும். பரவல் குறைந்த இடத்திலும் உயர் துல்லியம் தேவைப் படும் இடத்திலும் இம்முறை பயன்படுகிறது.

ஒருயரக் கோடுகள் வேண்டிய இடத்தில் அறிமேடை உள்ளதா எனக் கவனிக்க வேண்டும். இல்லாவிடில் அருகில் உள்ள அறிமேடையிலிருந்து பறல் மட்டகை மூலம் களத்தில் ஓர் அறிமேடை அமைத்துக் கொள்ளவேண்டும். முழுப் பரப்பும் தெரியக்கூடிய வசதியான இடத்தில், மட்டகியை நிறுத்தி மட்டப் படுத்திக் கொள்ள வேண்டும். அறிமேடையில் கம்பத்து அளவு எடுத்து, அதை அறிமேடை அளவுடன் கூட்டிக் கருவி மட்டம் கண்டுகொள்ள வேண்டும். அமைக்க வேண்டிய ஒருயரியின் உயரத்தை கருவி மட்டத்திலிருந்து கழித்தால் கம்பத்து அளவு கிடைக்கும்.

சான்று :	கருவி மட்டம்	52.385
	ஒருயரி மட்டம்	50.000
	கம்பத்து அளவு	2.385

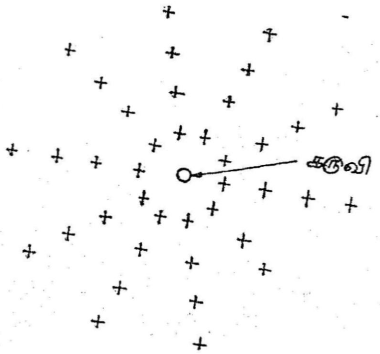
இதேபோல் 51.000 ஒருயரிக் குறிக்கக் கம்பத்து அளவு 52·385 − 51·000 = 1·385 ஆகும்.

ஒரு சமயத்தில் ஓர் ஒருயரி அமைத்தலே நல்லது. கம்பத்தில் அந்த அளவில் ஒரு கயிறு கட்டிக் கொள்ளலாம். நிலத்தில் கம்பத்தை வைத்துக் கொண்டே போனால், கருவி மூலம் பார்க்கும் போது கயிறு தெரியும் இடத்தில் கம்பத்தை நிறுத்திக் கொள்

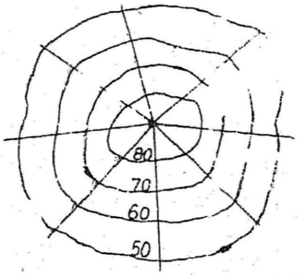
கிறோம். பிறகு சிறிதளவு இடம் மாற்றி சரியான அளவு கிடைக்கும் இடத்தைக் கண்டு, அங்கு ஒரு கொடி ஊன்றிக் கொள்கிறோம். அதே போல கம்பத்து அளவு கிடைக்கும் இடங்களிலெல்லாம் கொடி ஊன்றிக் கொண்டே செல்கிறோம். அந்த இடங்களை அளக்கை முறைப்படி, அளந்து வரைபடத்தில் குறித்துக்கொண்டு, இணைத்து ஒருயரக் கோடு பெறுகிறோம்.

அடுத்த ஒருயரக் கோட்டிற்கும் இதேபோலக் கம்பத்து அளவு கணக்கிட்டு, அந்த இடங்களை கம்பத்தில் கண்டுபிடித்து அளக்கை செய்கிறோம்.

ஆரக்கால் முறை : அளக்க வேண்டிய பரப்பு பெரிதாக இல்லாத இடத்தில், ஒரு புள்ளியிலிருந்து ஆரக்கால் போலப் பலகோடுகள் அமைத்துக் கொள்ளலாம் (படம் 262). தியோடலைட் அல்லது காந்த வட்டை மூலம் அவற்றின் ஒப்புடை நிலைகளைக் கோணங்களாலும், சங்கிலி நீளங்களாலும் அளந்து



படம் 262



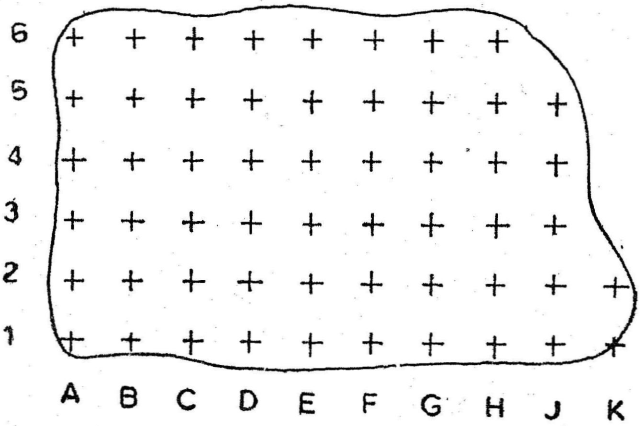
படம் 263

கொள்ளலாம். அறிமேடைகளை கோட்டின் முனைகளிலும் நடுவிலும் அமைத்துக் கொள்ளலாம். பின்னர் மேலே கூறியபடி கருவி மட்டத்திற்கேற்ப கம்பத்து அளவு கண்டுபிடித்து, ஒருயரக் கோட்டுப் புள்ளிகள் அக்கோட்டில் வரும் இடங்களைக்கண்டு பிடிக்கலாம். அப்புள்ளிகளை இணைத்தால் ஒருயரிகள் கிடைக்கும் (படம் 263).

2. பிறமுறைகள்

நிலப்புள்ளி மட்டங்கள் (பரவல் மட்டங்கள்) மூலம் ஒருயரிகள் : நேர் முறையைத் தவிர பிறமுறைகள் எளிதானவை; விரைவானவை. தொல்லை குறைந்தவை. அளக்கைப் பரப்பில் பல கோடுகள் அமைத்து, அதன் மீதுள்ள புள்ளிகளின் மட்டம் கண்டுபிடிக்கப்

படுகின்றன (படம் 264). உச்சி, பள்ளத்தாக்கு, முகடுகள் முதலியவற்றைக் காட்டும் கோடுகளாகத் தேர்ந்தெடுத்து அவைகளைக் காட்டும் நிலப்புள்ளிகளைத் தேர்ந்தெடுக்கலாம். அந்தப் புள்ளிகளைப் பின்னர் வரை படத்தில் குறித்து, அவற்றிலிருந்து ஒருயரிகள் வரையலாம்.

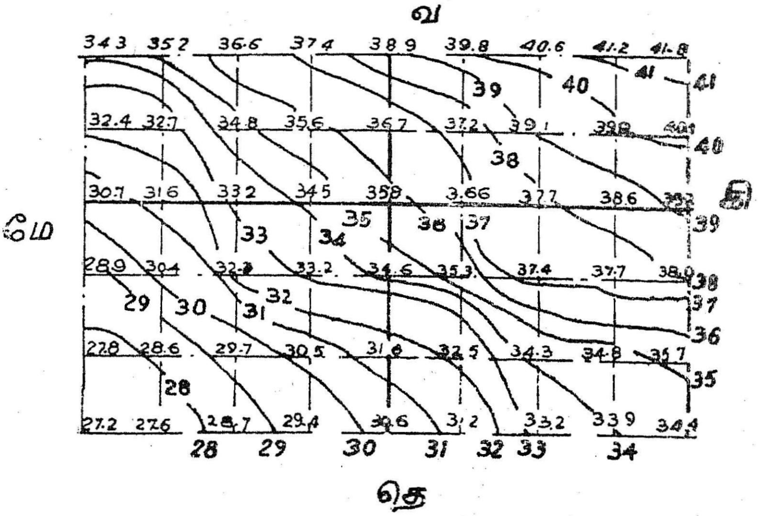


படம் 264

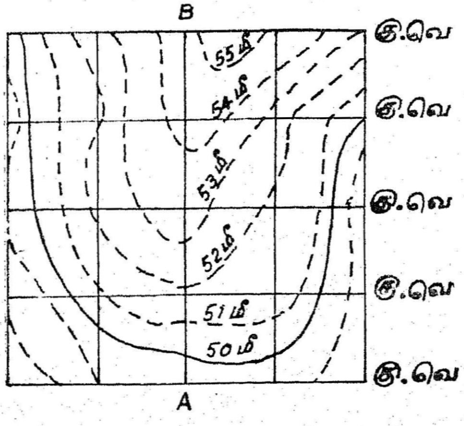
நிலப்புள்ளிகளை வரை படத்தில் வரையப் பயன்படும் முறைகளாவன :

(அ) குறுக்கு வெட்டுகள் மூலம் : சாலை அமைப்பதற்கு இம்முறை பயன்படுகிறது. அளக்கைக் கோட்டின் ஒரு குறிப்பிட்ட இடைவெளியில், அதற்குக் குறுக்காக அல்லது வசதியான கோணத்தில் கோடு அமைத்து அதில் நிலைப்புள்ளி தேர்ந்தெடுத்து மட்டம் அறியப்படுகிறது, சம இடைவெளியிலும் மட்டம் எடுக்கலாம் (படம் 265).

நிலத்தின் தன்மையைப் பொறுத்து குறுக்குவெட்டு இடைவெளி அமையும். மலைப்பாங்கான இடத்தில் 20மீ இடைவெளியிலும் சம வெளிகளில் 100 மீட்டர் இடைவெளியிலும் இருக்கலாம். குறுக்கு வெட்டுகளில் நிலப் புள்ளிகளை முளை அடித்துக் குறித்துக் கொள்ளலாம். வரைப்படத்தில் நிலப்புள்ளிகளையும், அதன் மட்டங்களையும் குறித்துக் கொண்டு அதிலிருந்து ஒருயரிகள் வரையலாம் (படம் 266).



படம் 265

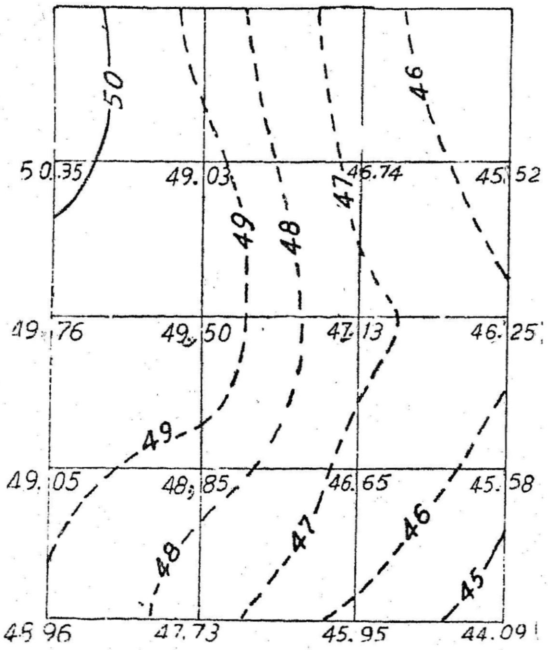


படம் 266

(ஆ) கட்டங்கள் மூலமாக : அளக்க வேண்டிய பரப்பை பல கட்டங்களாக (squares)ப் பகுத்து ஒவ்வொரு கட்டங்களின் நான்கு மூலைகளிலும் மட்டம் எடுக்கலாம். கட்டங்கள் சமமான தாகவும் இருக்கலாம். அல்லது வசதியான அளவுகளுடைய தாகவும் இருக்கலாம் (படம் 267).

கட்டங்களின் பக்கம் 5மீ முதல் 20 மீ வரை நிலத்தின் தன்மையைப் பொறுத்து அமைத்துக் கொள்ளலாம். தேவைப்

பட்டால் கட்டங்களின் பக்கங்களின் நடுவிலும், மூலை விட்டங்களிலும் மட்டங்கள் எடுத்துக் கொள்ளலாம்.



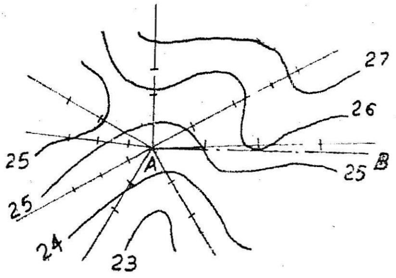
படம் 267

பின்னர் புள்ளிகளையும், மட்டங்களையும் வரைபடத்தில் எழுதிக்கொண்டு வழக்கமான முறையில் ஒருயரிகள் காணலாம்.

(இ) Tacheometric Method : தொலைநோக்கி, மட்டகைக் கம்பம் இரண்டைக் கொண்டே, சங்கிலி இல்லாமல் நீளம் அளக்கும் கருவி Tacheometer ஆகும். இது தியோடலைட்டின் மறு உருவம்தான். இதன் திரையில் படுவரைகள் (stadia hairs) நடுக் கோடும், மேலும் கீழும் ஒவ்வொரு கோடு வீதமும் அமைந்திருக்கும். இந்த மூன்று கோடுகளில் வெட்டும் கம்பத்து அளவையும், ஏற்றக் கோணத்தையும் அறிந்தால் இடைத் தொலைவை அறிந்துகொள்ளலாம்,

அளக்கைக் களத்தின் நடுவில் கருவியை நிறுத்தி, அங்கிருந்து கிளம்பும் ஆரக்கோடுகள் சமக்கிடைக் கோணத்தில் அமைத்துக்

கொள்ளப்படுகிறது. அக்கோடுகளில் வாட்டம் மாறும் இடங்களிலெல்லாம் மட்டம் எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும்.



படம் 268

பின்னர் வரைபடத்தில் புள்ளிகளைக் குறித்துக்கொண்டு ஒருயரிகள் வரையலாம் (படம் 268).

ஒருயரப் புள்ளிகள் குறித்தல் : பிற முறைகளில் மட்டம் தெரியும் இரண்டு புள்ளிகளுக்கிடையே வாட்டம் சீராக உள்ளதென எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. இரண்டு புள்ளிகளின் மட்டங்கள் பின்னத்தில் முடியலாம். அவற்றின் நடுவே முழு எண் வரும் இடங்களை அறிதல், ஒருயரப் புள்ளி அறிதல் (interpolate) எனப்படும். 1. மதிப்பீடு, 2. கணக்கீடு, 3. வரைவு ஆகிய முறைகளில் ஒருயரப் புள்ளி அறியலாம்.

1 மதிப்பீடு : கோட்டின் நீளத்தையும், இரண்டினிடையே யுள்ள நிலைவெளியும் அறிந்து, கண்ணாலேயே மதிப்பிட்டு ஒருயரப் புள்ளி குறிக்கப்படுகிறது. இது தோராயமானது. எளிய, சிறிய படங்களுக்கு இதுவே போதும்.

2. கணக்கீடு : அதிகத் துல்லியம் தேவையான இடங்களில் இது பயன்படுகிறது.

மாதிரி : *A B* என்ற 20மீ இடைவெளிக்கப்பாலுள்ள இரு புள்ளிகளின் குறைத்த மட்டங்கள் 32.38மீ & 44.64மீ ஒருயரி வெளி 5மீ எனவே இவற்றின் நடுவே 35மீ, 40மீ ஒருயரிகள் செல்லும்.

A & *B* உயரவேறுபாடு = 44·64 − 32·38 = 12·26

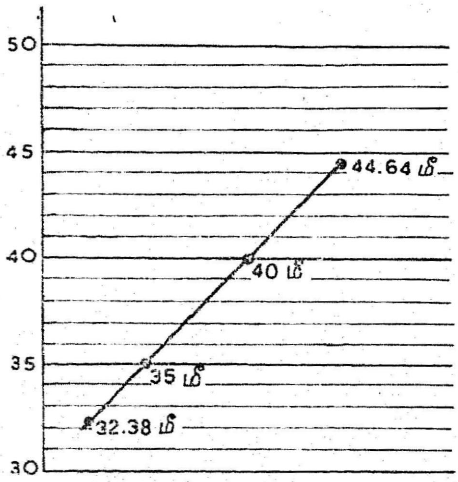
A புள்ளிக்கும் 35மீ ஒருயரிக்கும் உள்ள வேறுபாடு

= 35 00 − 32·38 = 2·62

$$\therefore \text{35 மீ ஒருயரி } A \text{ யிலிருந்து தொலைவு} = \frac{2{\cdot}62}{12{\cdot}26} \times 20\text{மீ} = 4{\cdot}27\text{மீ}$$

இதேபோல 40மீ ஒருயரி *A* யிலிருந்து 12·43மீ தொலைவில் செல்லும். இந்த தொலைவுகளை வரைவளவுக்கேற்ப மாற்றிப் படத்தில் குறித்துக் கொள்ளலாம்.

(இ) வரைவளவு முறைகள்: ஒருயரப்புள்ளி குறிக்கப்பல வரைவு முறைகள் உள்ளன. படம் 269 ஒரு முறையை விளக்கு கிறது.



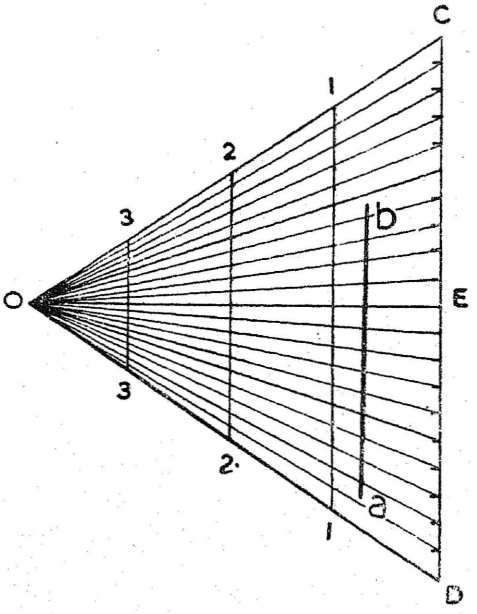
படம் 269

A புள்ளி 32·38 என்று *B* புள்ளி 44·64 என்றும் இருக்கட்டும் இதன் நடுவே 35மீ, 40மீ ஒருயரிகள் வரைய வேண்டும். ஒரு கண்ணடித்தாள் எடுத்து ஒரு மீட்டரைக் குறிக்கும் கோடுகள் சம இடை வெளியில் வரைந்து கொள்க. ஒவ்வொரு ஐந்தாவது கோட்டையும் தடிப்பாக வரைந்து கொள்க. இடது முனையில் 30மீ தொடங்கி எண்ணமிட்டுக்கொள்க. அதில் 32·38 மீட்டரையும், 44·64 மீயைக் குறிக்கும் புள்ளிகள் வைத்துக் கொள்க. அதன் நேர் *A* என்ற புள்ளியைக் குறித்துக்கொண்டு *A* புள்ளியை, படத்தில் *A* புள்ளி மீது வைத்துக் கொள்க. கண்ணடித்தாளில் 44·64 மீட்டருக்கு நேராக உள்ள கோடுகளில் நடுவில் *B* புள்ளியை மிக மெல்லிய கோடு வரைந்து கொண்டு, படத்தில்

உள்ள Bபுள்ளியின் மீது இந்தக்கோடு வருமாறு கண்ணுடித்தாளைத் திருப்பிக் கொள்க. இப்போது *AB* கோட்டை, 35மீ, 40மீ கோடுகள் வெட்டுமிடம் முறையே அந்தந்த ஒருயரப்புள்ளி களாகும். அதைக் குண்டூசியால் குத்தி அடையாளம் செய்து கொள்ளலாம்.

குறிப்பு : கண்ணுடித்தாளில் கோடுகளை மையால் வரைந்து கொள்ளலாம். அளவுகளையும் அதன் கோடுகளையும் பென்சிலால் எழுதிக் கொண்டால், அவ்வப்போது அழித்துக் கொண்டு, அடுத்த அளவுக்கும் இதே கண்ணுடித்தாளைப் பயன்படுத்தலாம்.

படம் 270 இல் இன்னெரு முறை காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒரு கண்ணுடித்தாள் எடுத்துக் கொண்டு, அதில் *CD*என்ற நேர்க்கோடு வரைக. அதை இரண்டாகப் பகிர்ந்து, *E* என்ற நடுப்புள்ளியைக்



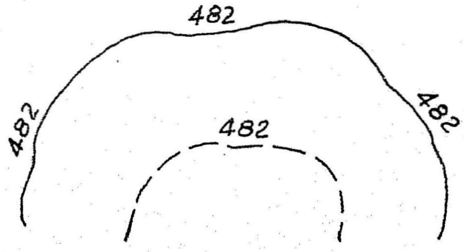
படம் 270

குறித்துக் கொள்க. அதன் நேர் ஒரு செங்குத்துக் கோடு வரைந்து அதில் ஒரு வசதியான புள்ளி *O* தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்க. *C D* யை 20 அல்லது 30 சமபாகங்களாகப் பிரித்து ஒவ்வொன்றையும் *O* வுடன் இணைத்துக் கொள்க. *E*யின் மேலும், கீழும் ஐந்தாவது,

ஐந்தாவது கோடுகளை தடிப்பாக வரைந்து கொள்க. CDக்கு இணையாக 1—1, 2 - 2, 3—3 கோடுகள் வரைந்து கொள்க. இவை கோடுகளை நேராக அமைக்க துணை புரியும்.

32·38மீ, 44 64மீ மட்டங்கள் உள்ள A,B புள்ளிகளிடையே 35மீ, 40மீ ஒருயரிகள் வரையவேண்டுமென வைத்துக்கொள்வோம். OD கோட்டை 30 மீட்டர் எனக் கொள்க. 32, 33 கோடுகளுக்கிடையில் A புள்ளி இருக்குமாறும் B புள்ளி 44, 45 கோடுகளுக்கிடையே இருக்குமாறும், கண்ணடிதாளைத் தள்ளிக் கொண்டேபோய், சரியான இடத்தில் இருத்த வேண்டும். AB கோடு, எப்போதும் CD கோட்டிற்கு இணையாக இருக்க வேண்டும். இப்போது A,B கோட்டை தடித்த கோடுகள் வெட்டுமிடத்தில் குண்டூசியால் குத்திப் புள்ளி செய்து கொள்க. அவை முறையே 35மீ, 40மீ ஒருயரிப் புள்ளிகளாகும்.

ஒருயரிகள வரைதல் : மேலே கூறியதைப்போல ஒருயரிப் புள்ளிகள் குத்திக் கொண்டதும் தொடர்பான புள்ளிகளை இணைத்துக் கோடு வரைய வேண்டும், கோடுகள், எளிதாகக் கையால்



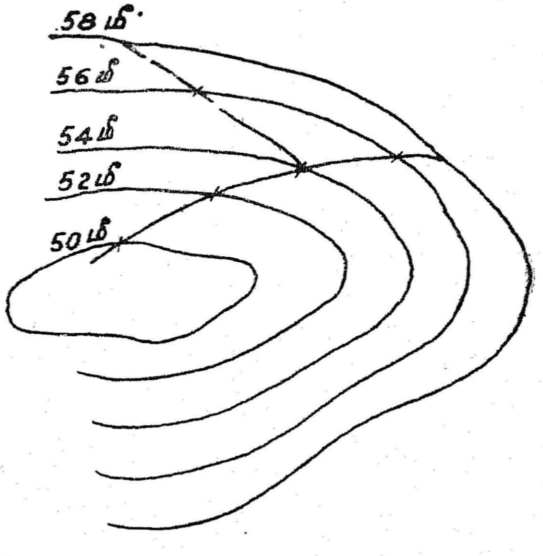
படம் 271

வரையக் கூடியதாக இருக்கலாம். வளைவுகள் நளினமாக இருக்கலாம், இயன்ற வரை பிரெஞ்சு வளைவுகளைப் பயன்படுத்தி வளைவுகளை வரையலாம். முழுக்கோடாகவோ, இடைவெளியுடைய சிறு கோடுகளின் தொடர்ச்சியாகவோ இருக்கலாம். (படம் 271). கருப்பு அல்லது பழுப்பு மையினுல் விளம்பலாம். சிவப்பு, கடல்நீலம் கூட சில சமயம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. Gillot தொட்டெழும் பேனு எண் 303 ஐ ஒருயரி வரையப் பரிந்துரைப்பர்.

ஒவ்வொரு ஐந்தாவது ஒருயரி அல்லது நல்ல எண் உள்ள ஒருயரிகள் தடிப்பாக எழுதப்படுகின்றன. ஒருயரிகளின்

மேலேயோ, அல்லது நடுவில் இடம் விட்டு அந்த இடத்திலேயோ, அவற்றின் மதிப்பை, சீராக எழுதலாம். ஒருயரிகளின் தொடக்கத்திலும், நடுவிலும் இறுதியிலும் எழுதலாம். பெரிய படங்களில் எல்லாக் கோடுகளிலும், சிறியவைகளில் ஐந்து கோடுகளுக்கொருமுறையோ, நல்ல எண் கொண்ட கோடுகளிலோ எழுதப்படுகின்றன. எந்த இடத்தில் பார்த்தாலும் அவற்றை எளிதில் அடையாளம் காணுமாறு இருத்தல் நலம் தரும்.

தேவையான சாய்வுயரி (Grade Contour) அமைத்தல்: ஒரே மட்டத்தில் செல்லும் கற்பனைக் கோட்டை ஒருயரி என்பது போல ஒரே வாட்டத்தில் அதாவது ஒரே சாய்வில் செல்லும் கற்பனைக் கோட்டை சாய்வுயரி (grade contour) எனலாம்.



படம் 272

272 ஆம் படத்தில் ஓர் ஒருயரிப் படத்தில் மலைச்சாலை அமைக்கும் வழி காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒருயரி வெளி 2 மீட்டருக்கு வரையப்பட்டுள்ளது.

பெருமச்சாய்வு 1க்கு 30 என்னும் அளவில் சாலை அமைக்க வேண்டுமென வைத்துக் கொள்வோம். இரண்டு ஒருயரிகளுக்கிடையில் அமையும் கிடைவெளி $2 \times 30 = 60$ மீட்டர் ஆகும். வட்டகியில் 60 மீட்டருக்கான வரைவளவு நீளத்தை வைத்துக் கொண்டு சாலையின் தொடக்கப் புள்ளியான P யிலிருந்து (1000

மீ ஒருயாரியிலிருந்து) 1002 மீ ஒருயாரியை வெட்ட வேண்டும். (Q) அந்த இடத்திலிருந்து அதே நீளம் வைத்து 1004 மீட்டரில் வெட்ட வேண்டும் (R) அப்படியே ஒவ்வொரு ஒருயாரிகளாக வெட்டிக்கொண்டே வந்தால், பாதையின் அமைப்பு கிடைத்து விடும். ஒவ்வொரு வில்லும், அடுத்த ஒருயாரியை இரண்டு இடத்தில் வெட்டும். மலையின் அமைப்பைப் பொருத்து, தேவை யானபுள்ளியை எடுத்துக் கொள்ளலாம்.

மட்டங்காட்டும் முளைகள் அமைத்தல்

பொறியியல் பணிகளைத் தொடங்குமுன்னர், மண்வெட்டு வேலையும், கரைஅமைக்கும் வேலைக்கும் அதனதன் உயரங்கள் ஏட்டில் இருந்தால் மட்டும் போதாது. வேலைசெய்யும் தொழி லாளர்கள் அறியும் வகையில் அந்தந்த இடத்தில் முளைகள் நட்டுக் காட்ட வேண்டும். மட்டங்காட்டும் முளைகள் மூன்றுவகைப் படும். ஒன்று மண்கரை அமைக்கும் இடங்களில் மண்கரை அளவுக்கு ஒரு முளை அமைத்து, முளையின் மேல்மட்டம் சரியாக அந்த அளவு காட்டுமாறு அதை நிலத்தில் இறங்கிவிடுதல் (படம் 273a)

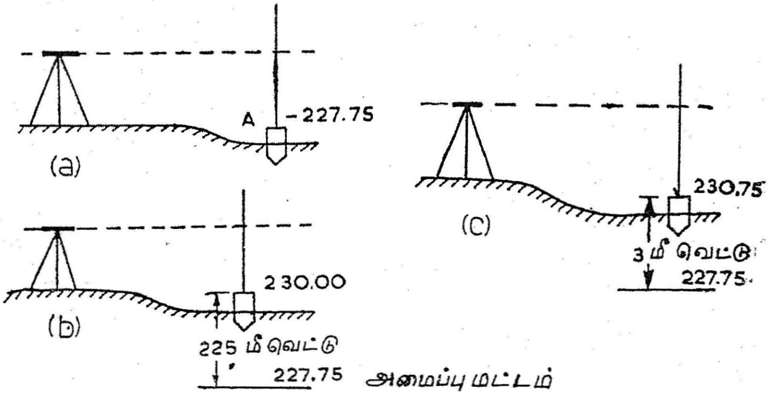
இரண்டாவது : மண்வெட்டு மட்டத்திற்கு அருகில் உள்ள முழு எண் மட்டத்தளவுக்கு முளையை நிலத்தில் இறக்கிவிட்டு, அதன் கீழ் ''2·25 மீ வெட்டு'' என்று எழுதிவிடல். சான்றாக மண்வெட்டு மட்டம் 227·25 மீ என இருந்தால், முளையின் மேல் மட்டம் 230·00 மீ இருக்குமாறு அமைத்து மேலே கண்டவாறு எழுதி வைக்கப்படுகிறது (படம் 273b).

மூன்றாவது முறையில் 230·75 மீ மட்டத்திற்கு மட்டங் காட்டும் முளை அடித்துவிட்டு அதில் ''3 மீட்டர் வெட்டு'' என எழுதிவிடலாம். இதில் வெட்டு ஆழத்தை முழு எண்ணால் சொல்கிறோம் (படம் 273c).

எழுதுவதற்கு பெயிண்ட் போன்று அழியாப் பொருளைப்பயன் படுத்தவேண்டும். மட்டங் காட்டும் முளைகள் 20 அல்லது 30 மீ இடைவெளிகளிலோ அல்லது வேலையைப் பொருத்து இன்னும் குறுகலாகவோ அமைக்கப்படும்.

கருவி மட்டத்திலிருந்து, முளையின் மேல் மட்டத்தைக் கழித்தால் கம்பத்து அளவு கிடைக்கும். முதலில் முளையை ஓரளவு நிலத்தில் அடித்துக்கொண்டு, அதன்மீது கம்பத்தை நிறுத்தித் தேவையான உயரம் காட்டுகிறதா எனப் பா

வேண்டும். அப்படியில்லாத போது அதை அடித்து இறங்கி சரியான மட்டத்திற்குக் கொண்டு வரவேண்டும். அடித்த

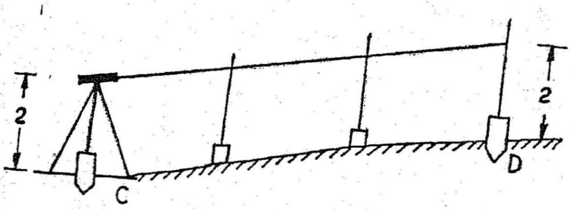


படம் 273

முளையை மீண்டும் உயர்த்துவது இயலாதாகையால் அதை அளவாக அடித்துத் தேவையான மட்டத்தில் நிறுத்த வேண்டும்.

சிரான வாட்டம்

வாட்டம் மாறுமல், சீராகச் செல்லும் தூரம் சற்றே அதிக மாக இருந்தால். தியோடலைட்டால் மட்டம் காணும் முளைகள் அடிக்கலாம்.



படம் 274

தேவையான வாட்டம் அமைக்கும் இடத்தின் முதலிலும் முடிவிலும் இரண்டு முளைகள் அடித்துக் கொள்ளவேண்டும். முதல் முளையில் தியோடலைட்டை நிறுத்தி, நன்கு மட்டம் செய்துகொள்ள வேண்டும். அதன் அச்சு உயரத்தை அளந்து ஒரு கம்பத்தில் இலக்கு கட்டிக் கொள்ளவேண்டும். அதை அடுத்த முளையில் வைக்கச் சொல்லி தொலைநோக்கியால் அதைப் பார்க்க வேண்டும். பின் தொலைநோக்கியை இறுக்கிக்கொண்டு, அதே இலக்குக்

கம்பத்தை, நடுவில் பல இடங்களில் வைத்து, இலக்கு தெரியுமாறு முளைகளை நிலத்தில் அடித்து இறக்கிக் கொள்ள வேண்டும் (படம் 274).

அபினி மட்டகியில் வாட்டம் அமைத்தல் : அபினி மட்டகியில், தேவையான வாட்டத்திற்கு அதன் கோணமளக்கும் பகுதியில் அமைத்துக் கொள்ள வேண்டும். மட்டகியை ஒரு கம்பில் சுமார் 1.5மீ உயரத்தில் கட்டிக்கொள்ள வேண்டும். அதே உயரத்தில் ஓர் அடையாளம் கட்டிக்கொண்ட இன்னொரு கம்பு தயார் செய்து கொள்ள வேண்டும். இந்தக் கம்பை 30 அல்லது 40மீ அல்லது இன்னும் குறைவான தூரத்தில் பிடிக்கப் பணிக்க வேண்டும். அபினி மட்டகியின் மூலமாக, கம்பத்து அடையாளம் தெரியும் வரை முன்னும் பின்னும் பக்கத்திலும் நகர்ந்துகொள்ளச் செய்ய வேண்டும். அவ்வாறு மட்டகியின் மூலம் பார்க்கும் போது, கம்பின் அடையாளம் தெரிந்தால், அதுவே தேவையான வாட்டம் ஆகும். அந்தக் கோட்டிற்கு இணையாக நிலத்தில் 1.5மீ இறக்கி முளை அடித்துக்கொள்ள வேண்டும். அடுத்தடுத்து இவ்வாறே புள்ளிகள் அமைக்கலாம். இது அவ்வளவு துல்லிய மானதல்ல. மிகவும் தோராயமானதேயாகும்.

மட்டகியில் வாட்டம் அமைத்தல் : இதில் முதற் புள்ளிக்கும் அடுத்த புள்ளிக்கும் உள்ள இடைவெளியை முதலிலேயே முடிவு செய்து கொள்ள வேண்டும். 1. முதற் புள்ளியிலிருந்து அடுத்த புள்ளியின் தூரம். 2. வாட்டம். 3. கருவி மட்டம் ஆகியவற் றிலிருந்து அடுத்த அடுத்த புள்ளியின் மேல் நிற்கும் கம்பத்து அளவைக் கணக்கிடலாம்.

சான்று : வாட்டம் 1 க்கு 20

முதற்புள்ளி மட்டம்	=	300·00
கருவி மட்டம்	=	301·00
தூரம்	=	25
அடுத்த புள்ளிக்கு இறக்கம்	=	$\frac{20}{25} = 0{\cdot}80$

அடுத்தப் புள்ளியின் மட்டம் = 300·00 − 0·80 = 299·20

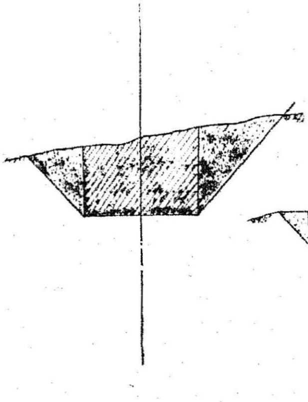
கம்பத்து அளவு = கருவிமட்டம் − புள்ளியின் குறைத்த மட்டம் = 301·00 − 299·20 = 1·80

முதற் புள்ளியிலிருந்து ஆரதூரம் 25 மீ உள்ள வட்டப் பாதையில் கம்பத்தை மேலும் கீழும் நகர்த்திக் கம்பத்தில் 1·80 மீ அளவு வரும்படி புதிய இடத்தைக் கண்டு பிடிக்கவேண்டும். அந்த இடத்தில் ஒரு முளை அடித்து அடையாளம் செய்து கொள்ள வேண்டும். இந்த இடம் முதற் புள்ளியிலிருந்து 1 க்கு 20 வாட்டத்தில் அமைந்துள்ளது. இதே போலத் தொடர்ந்து எல்லாப் புள்ளிகளையும் கண்டுபிடித்து முளை அடிக்கலாம்.

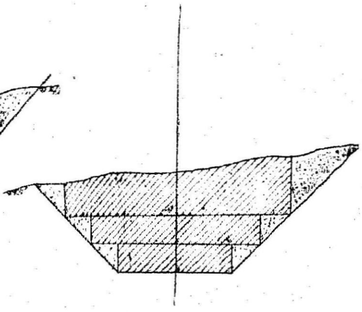
குறிப்பு : கம்பத்து அளவு $\pm$ 0·01 மீ வேறுபாட்டிற்கு மிகாமல் பார்த்துக் கொள்ளவேண்டும். பிழைகள் கூடாமலிருக்க, முதற் புள்ளியிலிருந்தே குறைத்த மட்டம் காணவேண்டும்.

மண்வெட்டு, மண்கரை முளை குறித்தல் (Setting Slope Stacks)

மண்வெட்டு வேலைகளில், முதலில் நடுக்கோடு வரைந்து கொள்ளப்படுகிறது. அடி அகலத்தில் பாதியை அதன் இரு பக்கங்களிலும் வைத்து நடுப்பகுதி ப வடிவில் வெட்டிக் கொள்ளப் படுகிறது (படம் 215a & b). பின்னர் ஒரு முளையில் உயரத்தை அளந்து அதற்கேற்ப மேல் அகலத்தைக் கணக்கிட்டுக் குறித்து அது வரை சாய்வுப் பகுதி வெட்டப்படுகிறது. மேல் தரையில் வாட்டம் மிகுந்திருந்தால், பக்கச் சாய்வு சரியாக அமையாது. பக்கச் சாய்விற்கேற்ப மூலைமட்டம் ஒன்று செய்து கொண்டு அதை வைத்து திருத்தமாக வெட்டப்படுகிறது. இம் முறையில் நடுக் கோட்டிலிருந்து வேலை செய்யும்போது முளைகள் தாமாகக் கிடைத்து விடுகின்றன.

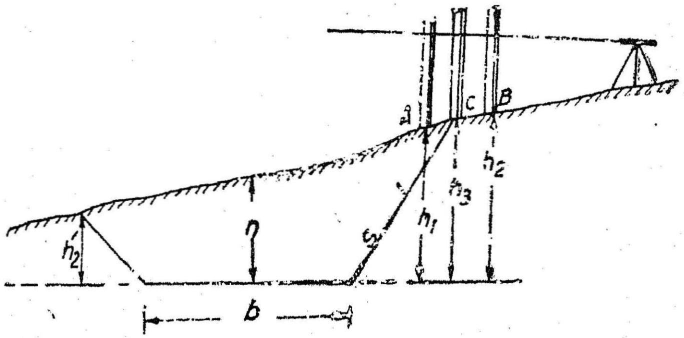


படம் 275a



படம் 275b

ஆனால் வேலையில் பிழை ஏற்படாமலிருப்பதற்கும், வேறுசில காரணங்களுக்காகவும் மண்வெட்டு முனைகளையோ, கரை முனைகளையோ முதலிலேயே குறிக்க வேண்டிய தேவை ஏற்படும்.



படம் 276

தரைமட்டமும், மண் வெட்டு அல்லது கரையின் பக்க சாய்வும் குறுக்கிடும் புள்ளியே முனைப்புள்ளியாகும்.

ஒரு சாலையின் அடி அகலம் $b = 10$ மீ.

பக்கவாட்டம் $s = 1\frac{1}{2}$ க்கு 1

கரை அல்லது வெட்டுமுனை உயரம் $= h_3$

முனையில் கருவிமட்டத்திலிருந்து சாலைமட்டத்திற்கு கம்பத்து அளவு = 2·50

சாலை நடு முனையிலிருந்து நடுமுனை தூரம் $= d$

இதில் $d = \frac{b}{2} + sh_3$

இதில் b, s இரண்டும்தான் ஏற்கனவே முடிவு செய்து கொண்டவை. அவைதான் தெரியும் d, h_3 ஆகியவை தெரியாது. அவைகளையும் மட்டகியின் உதவியாலேயே கண்டுபிடிக்க வேண்டும். முதலில் கம்பத்தை A என்ற இடத்தில் (படம் 276) வைப்போம். கம்பத்து அளவு 0·45 இருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம் (h_1)

$h_1 = A$ யில் மண்வெட்டு $= 2{\cdot}50 - 0{\cdot}45 = 0{\cdot}05$ மீ

h_1 க்கான கணக்கிட்ட தூரம் =

$$d = \frac{b}{2} + sh_1 = \frac{10}{2} + 1{\cdot}5 \times 2{\cdot}05$$

ஆனல் $= 5 + 3{\cdot}075 = 8{\cdot}075$ மீ

அளந்த தூரம் $= 8{\cdot}100$

கம்பத்தை மாற்றி Bயில் வைப்போம். கம்பத்து அளவு 0·60 இருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம்.

$\therefore$ h_2 = B யில் மண்வெட்டு $= 2{\cdot}50 - 0.60 = 1{\cdot}90$மீ

h_2 க்கான கணக்கிட்ட தூரம் =

$$d = \frac{b}{2} + sh_2$$

$$= 5 + 1{\cdot}5 \times 1{\cdot}90 = 7{\cdot}85 \text{ மீ}$$

ஆனல் அளந்த தூரம் $= 7{\cdot}75$ மீ.

கம்பத்தை மாற்றி C யில் வைப்போம்.

கம்பத்து அளவு $= 0{\cdot}50$ இருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம்.

h_3 = C யில் மண்வெட்டு $= 2{\cdot}50 - 0{\cdot}50 = 2{\cdot}00$

$$d = \frac{b}{2} + sh_3 = 5 + 1{\cdot}5 \times 2 = 8{\cdot}00$$

அளந்த தூரம் $= 8{\cdot}00$

அதனல் இதுவே சரியான இடம். இங்கு முனை முளை இருக்கும் அடுத்த பக்கத்திலும் இதே போல முனை முளை அடிக்கவேண்டும்.

அளந்த தூரமும், கணக்கிட்ட தூரமும், ஒன்ருக இருக்கும் இடமே முனைப்புள்ளி என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. முனை அளவுகளைக் கீழ்க்கண்டபடி, பட்டியல் செய்து வைத்துக்கொள்ளலாம்.

இடது முனை	மையம்	வலது முனை
$\frac{+1 \cdot 00}{6 \cdot 5}$	$\frac{+1 \cdot 50}{0}$	$\frac{+2 \cdot 00}{8}$

இந்த முறையில் மேலே வெட்டு ஆழம் அல்லது கரை உயரம் குறிக்கப்படுகிறது. +குறி வெட்டைக் குறிக்கும். வெ. என்றும் எழுதலாம். — குறி கரையைக் குறிக்கும். க. என்றும் குறிப்டலாம்.

கீழே நடுப்புள்ளியிலிருந்து முனையின்தூரம் எழுதப்படுகிறது.

9. பருமன் அளவு காணல்

பொறியியல் பணிகளுக்கும், மதிப்பீடுகள் தயாரிக்கவும் பருமன் அளவு மிகவும் இன்றியமையாதது. 1. குறுக்கு வெட்டுகள். 2. பரவல் மட்டங்கள் (spot levels). 3. ஒருயரக் கோடுகள் ஆகியவற்ருல் உருவங்கள் அமைகின்றன. பெரும் பாலும் மண்கரைகளும், கால்வாய்ப் பள்ளங்களும், அடிக்கடி வரும் உருவங்களாகும். குறிப்பிட்ட இடைவெளியிலோ, உருமாறும் இடங்களிலோ குறுக்கு வெட்டுகள் எடுத்து, அவற்றின் சராசரிப் பரப்பை இடை நீளத்தால் பெருக்கிக் கொள்ளளவு காணப் படுகிறது. பரவலான இடம் ஒன்றில் கொள்ளளவு அறிவு, அது சமப்பரப்பும், ஒரே மாதிரி உருவமும் கொண்ட பல உருவங் களாகப் பகிர்ந்து கொண்டு, அவ்வுருவ முனைகளில் மட்டம் எடுத்து (பரவல் மட்டங்கள்), அதிலிருந்து பருமளவு காண்பதும் உண்டு. ஏரி, குளம் போன்றவற்றின் ஏற்பளவு காண, ஒருயரக் கோடுகள் வரைந்து, ஒவ்வொரு கோட்டின் பரப்பையும் தனித் தனியே கண்டுபிடித்து அதிலிருந்து கண்டுபிடிக்கப்படுகிறது. இது முந்தைய அத்தியாயத்தில் விளக்கப்பட்டது.

பருமனளவுகள் இரண்டு வகைப்படும்: அவை 1. நேர் பருமன். 2. வளைவுப் பருமன் ஆகும்.

நேர் பருமன் : கால்வாய் கரை போன்றவற்றை வழி நெடுகப் பல குறுக்கு வெட்டுகளாகப் பிரித்துக் கொள்வதால் ஒவ் வொன்றும், இரண்டு நேர்ப் பரப்புகளின் இடைப்பட்ட உருவங் களாகி விடுவதால் இவற்றை நேர் பருமன் என்கிறோம். அடுத் தடுத்த குறுக்கு வெட்டுகளின் சராசரியை, இடை நீளத்தால் பெருக்கக் கிடைக்கும் பருமனின் கூட்டுத்தொகை மொத்தப் பருமன் ஆகும். இதை இணைகர வாய்ப்பாடு (trapezoidal formula) பட்டக வாய்பாடால் (prismoidal formula) பருமன் அறிவதும் உண்டு. இதில் இரண்டு வகை உண்டு. ஒன்று நேரடியாக உருவத்

தின் பருமனை பட்டக வாய்பாடால் கண்டுபிடித்த பருமனுக்குப் பட்டகத் திருத்தல் சேர்த்துக் கொள்வது. பட்டகத் திருத்தம் (prismoidal correction) என்பது, பட்டக வாய்பாடால் காணும் பருமனுக்கும் உள்ள வேறுபாடாகும். முன்னது சற்றே பெரிதாக வும் பின்னது சிறிதாகவும் இருக்குமாதலால், திருத்தம் கழித்தம் ஆகும். திருத்தம் ஒரே வழி கூட்டலாக இருப்பதுவும் உண்டு.

2. வளைவுப் பருமன்கள் : தரைப் படத்தில் கால்வாய் அல்லது கரையின் நடுக்கோடு வளைவாக இருந்தால் அதை வளைவுப் பருமன் என்பர். முதலில் குறுக்கு வெட்டுகள் மூலம் நேர் பருமனைக் கணக்கிட்டு, அதற்கு வளைவுத் திருத்தம் சேர்ப்பது ஒரு முறை, அல்லது குறுக்கு வெட்டுகளுக்கே வளைவுத் திருத்தம் சேர்த்துக்கொண்டு பின்னர் பட்டக வாய்ப்பாடால் பருமன் கண்டு பிடிப்பது இன்னொரு முறையாகும்.

குறுக்கு வெட்டுப் பரப்புகள் : குறுக்கு வெட்டுப் பரப்புகளைப் பயிற்சியால்

1. ஒரு மட்ட வெட்டு. 2. இரு மட்ட வெட்டு. 3. மலைச் சரிவு இரு மட்ட வெட்டு. 4. மூலைமட்ட வெட்டு. 5. பல மட்ட வெட்டு எனப் பிரிக்கலாம்.

வாய்ப்பாடு வருவிக்கும் வரைபடக் குறியீடுகள்

b = கால்வாய் அடி அகலம்.

h = கால்வாய் அடி மையத்தில், வெட்டு, அல்லது நிரப்பு உயரம். அவை முறையே கழித்தல் அல்லது கூட்டல் குறியால் புலப்படுத்தப்படும்.

s க்கு 1 = பக்க வாட்டம் (s கிடைக்கு 1 நிலை)

r க்கு 1 = தரை வாட்டம் (r கிடைக்கு 1 நிலை)

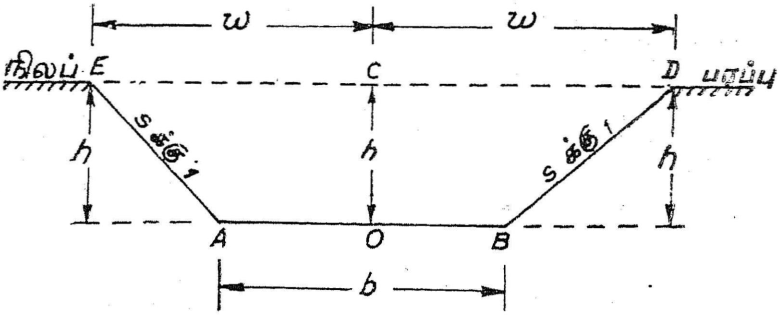
w_1 & w_2 = மையத்திலிருந்து இருபக்கமும் உள்ள அகலங்கள், அதாவது பக்கமும், தரையும் வெட்டிக் கொள்ளும் புள்ளி மையத்திலிருந்து உள்ள தூரம்.

$h_1 h_2$ = முனைகளில் வெட்டு ஆழம் அல்லது கரை உயரம்.

A = வெட்டுப் பரப்பு.

குறிப்பு : பக்கவாட்டம், தரைவாட்டம் போன்ற சாய்வுகளை s to 1 அல்லது s in 1 அல்லது 1 ; 10 போன்று ஆங்கிலத்தில் குறிப்பர். இவற்றில் கிடை எது, நிலை எது என்ற குழப்பம் சில வேளைகளில் ஏற்படும். அதனால் எப்போதும் கிடையை முதலிலும் நிலையைப் பின்னரும் சொல்லும் பழக்கம் நன்மை தரும். அத்துடன் உயரத்தை ஒன்றாகக் குறிப்பிடுவதும் பொருத்தமாகும்.

1. ஒரு மட்ட வெட்டு (படம் 277)



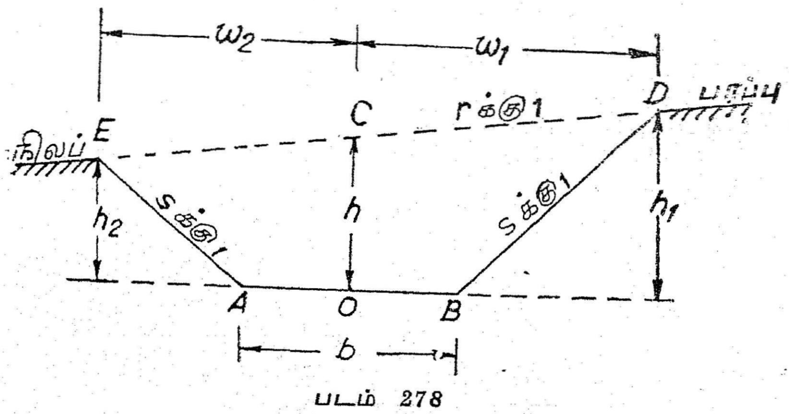
படம் 277

$$h_1 = h = h_2$$

$$w_1 = w_2 = (\frac{b}{2} + sh)$$

$$A = (b + sh)h$$

2. இரு மட்ட வெட்டு (படம் 278) : இதில் அடிமட்டம் கிடை



படம் 278

யாகவும், தரைமட்டம் சாய்வாகவும் உள்ளது. ஆனால் தரை, அடியை வெட்டாமல், மேலேயே உள்ளது.

$$w_1 = \frac{b}{2} + \frac{rs}{r-s}\left(h - \frac{b}{2r}\right)$$

$$w_2 = \frac{b}{2} + \frac{rs}{r+s}\left(h - \frac{b}{2r}\right)$$

குறிப்பு : கரையாக இருந்தால், ஆழமான பக்கத்து அகலம் w_1 என்றும், ஆழம் குறைந்த பக்கத்து அகலம் w_2 எனவும் வைத்துக் கொள்ளலாம்.

$$h_1 = \left(h + \frac{w_1}{r}\right)$$

$$h_2 = \left(h - \frac{w_2}{r}\right)$$

$$A = \frac{1}{2}\left\{(w_1 + w_2)\left(h + \frac{b}{2s}\right) - \frac{b^2}{2s}\right\}$$

அல்லது $= \left\{\frac{r^2 s}{(r^2 - s^2)}\left(h + \frac{b}{2s}\right)^2 - \frac{b^2}{2s}\right\}$

அல்லது $= \frac{1}{2}\left\{\frac{b}{2}(h_1 + h_2) + h(w_1 + w_2)\right)$

அல்லது $= \left\{\frac{s\left(\frac{b}{2}\right)^2 + r^2\ bh + r^2\ sh^2}{(r^2 - s^2)}\right\}$

மேற்கண்ட வாய்பாடுகள் வந்த வகை

279 ஆம் படத்தில் $AB = b$

$dD = w_1$

$eE = w_2$

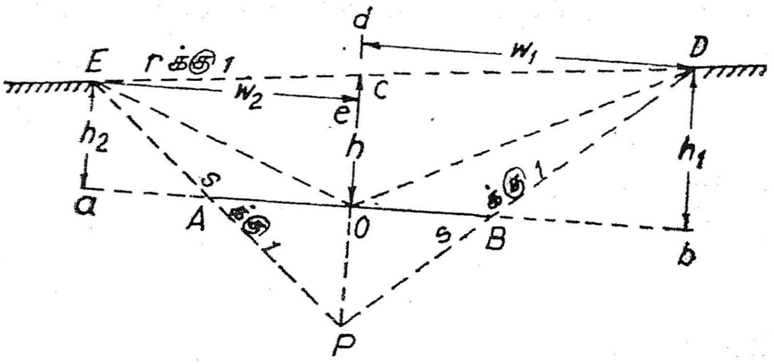
$oC = h$

$Db = h_1$

$Ea = h_2$

பக்கவாட்டம் $= s$ க்கு 1

தரைவாட்டம் $= r$ க்கு 1



படம் 279

$$OB = \frac{b}{2}; \quad Bb = sh_1;$$

$$dD = w_1 = Ob$$

$$Od = Db = h_1$$

$$\therefore Bb = Ob - OB = w_1 - \frac{b}{2}$$

$$Cd = Od - Oc = h_1 - h$$

$$dD = r \times Cd$$

எனவே $sh_1 = w_1 - \frac{b}{2}$ & $w_2 = (h_1 - h)\, r$

w_1 ஐ நீக்கினல்

$$(r-s)\, h_1 = \frac{b}{2} + rh$$

அல்லது $h_1 = \frac{r}{(r+s)}\left(h + \frac{b}{2r}\right)$

இப்போது $w_1 = OB + Bb = \frac{b}{2} + sh_1$

$$= \frac{b}{2} + \frac{rs}{r-s}\left(h + \frac{b}{2r}\right)$$

இதேபோல

$$OA = \frac{b}{2}; \quad Aa = sh_2; \quad Ce = Oc - Oe = h - h_2$$

$$Oa = eE = w_2 = Ce \times r = (h-h_2)\, r;$$

$$Aa = Oa - OA = w_2 - \frac{b}{2}$$

$$\therefore\ sh_2 = w_2 - \frac{b}{2};\ \&\ w_2 = (h-h_2)\, r$$

இவற்றில் w_2 ஐ நீக்கினல்

$$(r+s)\, h_2 = rh - \frac{b}{2} \text{ அல்லது } h_2 = \frac{r}{r+s}\left(h - \frac{b}{2_r}\right)$$

இப்போது $w_2 = OA + Aa = \frac{b}{2} + sh_2 = \frac{b}{2} + \frac{rs}{r+s}\left(h - \frac{b}{2r}\right)$

$$Cd = \frac{dD}{r} = \frac{w_1}{r}\ \&\ Ce = \frac{eE}{r} = \frac{w_2}{r}$$

$$\therefore\ h_1 - OC + Cd = h + \frac{w_1}{r}$$

$$\&\ h_2 = OC - Ce = h - \frac{w_2}{r}$$

(b) (i) DB, EA கோடுகளை நீட்டினல் P யில் சந்திக்கும்.

$$PO = \frac{b}{2s}\ \&\ PC = PO + OC = \frac{b}{2s} + h\ \&\ AB = b$$

$ABDCE$ பரப்பு $= \triangle DPC + \triangle EPC - \triangle APB$

$$= \tfrac{1}{2}\, PC \times Dd + \tfrac{1}{2}\, PC \times Ee - \tfrac{1}{2}\, AB \times PO$$

$$\therefore\ A = \tfrac{1}{2}\left\{\left(h + \frac{b}{2s}\right)(w_1 + w_2) - \frac{b^2}{2s}\right\}$$

(ii) w_1 & w_2 ஆகியவற்றிற்கு அதன் மதிப்பை அளிப்போம்.

$$A = \tfrac{1}{2}\left(h + \frac{b}{2s}\right)\left\{\frac{b}{2} + \frac{rs}{(r-s)}\left(h + \frac{b}{2r}\right) + \frac{b}{2} + \frac{rs}{(r+s)}\left(h - \frac{b}{2r}\right)\right\} - \frac{(b)^2}{4s}$$

$$= \tfrac{1}{2}\left(h + \frac{b}{2s}\right)\left[b + rsh\left\{\frac{1}{(r-s)} + \frac{1}{(r+s)}\right\} + \left(+ \frac{bs}{2}\right)\left\{\frac{1}{(r-s)} + \frac{1}{(r+s)}\right\}\right] - \frac{b^2}{4s}$$

$$= \tfrac{1}{2}\left(h + \frac{b}{2s}\right)\left\{b + \frac{2r^2 sh + bs^2}{(r^2 - s^2)}\right\} - \frac{b^2}{4s}$$

$$= \tfrac{1}{2}\left(h + \frac{b}{2s}\right)\left\{\frac{2r^2 s\left(h + \frac{b}{2s}\right)}{(r^2 - s^2)}\right\} - \frac{b^2}{4s}$$

$$= \left\{\frac{r^2 s}{(r^2 - s^2)}\left(h + \frac{b}{2s}\right)^2 - \frac{b^2}{4s}\right\}$$

(iii) EO, DO க்களை இணைத்துக் கொள்க.

$ABDCE$ பரப்பு $= \triangle OBD = \triangle OCD + \triangle OCE + \triangle OAE$

$$= A\tfrac{1}{2}\left(\frac{b}{2}h_1 + hw_1 + hw_2 + \frac{b}{2}h_2\right)$$

$$= \tfrac{1}{2}\left\{\frac{b}{2}(h_1 + h_2) + h(w_1 + w_2)\right\}$$

(iv) $h_1 + h_2 = \left(h + \frac{w_1}{r}\right) + \left(h - \frac{w_2}{r}\right)$

$$= \left\{2h + \frac{1}{r}(w_1 - w_2)\right\}$$

w_1 & w_2 ஆகியவற்றிற்கு அதன் மதிப்புகளை ஈந்தால்,

$$h_1 + h_2 = 2h + \frac{1}{r}\left\{\frac{b}{2} + \frac{rs}{(r - s)}\left(h + \frac{b}{2r}\right) - \frac{b}{2} - \frac{rs}{r + s}\left(h - \frac{b}{2r}\right)\right\}$$

$$= 2h + \frac{(2s^2 h + bs)}{(r^2 - s^2)}$$

$$w_1 + w_2 = \left\{\frac{b}{2} + \frac{rs}{(r - s)}\left(h + \frac{b}{2r}\right) + \frac{b}{2} + \frac{rs}{(r + s)}\left(h - \frac{b}{2r}\right)\right.$$

$$= \frac{b + 2r^2 sh + bs^2}{(r^2 - s^2)}$$

மேலே (iii) பகுதியில் உள்ள வாய்பாடில்

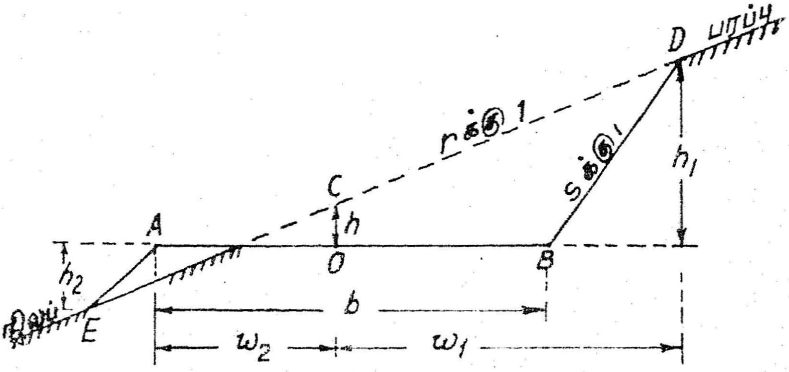
$(h_1 + h_2)$, $(w_1 + w_2)$ ஆகியவற்றை நிரப்பினால்

$$A = \tfrac{1}{2}\left[\frac{b}{2}\left\{2h + \frac{2s^2h + bs}{(r^2 - s^2)}\right\} + h\left\{b + \frac{2r^2sh + bs^2}{(r^2 - s^2)}\right\}\right]$$

$$= \frac{s\left(\frac{b}{2}\right)^2 + r^2bh + r^2sh^2}{(r^2 - s^2)}$$

(3) மலைச் சரிவு இருமட்ட வெட்டு (படம் 280):

இதில் தரைமட்டம் சாய்ந்துள்ளதோடு அடிமட்டத்தில் குறுக்கிடுவதால், ஒரு பக்கம் மண் வெட்டாகவும் இன்னொரு பக்கம் கரை அமைப்பாகவும் இருக்கும்.



படம் 280

$$w_1 = \frac{b}{2} + \frac{rs}{(r-s)}\left(h + \frac{b}{2r}\right)$$

$$w_2 = \frac{b}{2} + \frac{rs}{(r-s)}\left(\frac{b}{2r} - h\right)$$

$$h_1 = \left(h + \frac{w_1}{r}\right)$$

$$h_2 = \left(h - \frac{w_2}{r}\right)$$

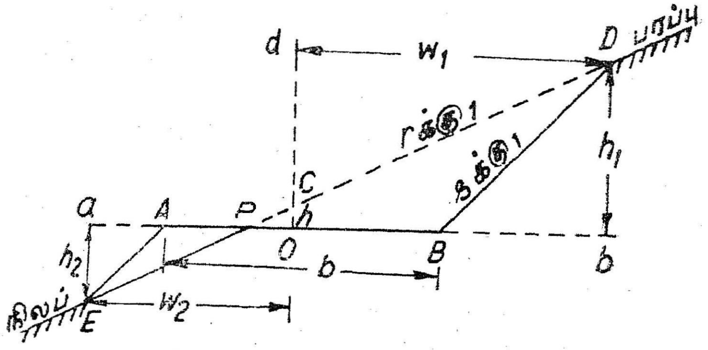
$$A_1 = \frac{1}{2}\left\{\frac{\left(\frac{b}{2} + rh\right)^2}{(r - s)}\right\}$$

$$A_2 = \frac{1}{2}\left\{\frac{\left(\frac{b}{2} - rh\right)^2}{(r - s)}\right\}$$

இதில் A_1 = மண் வெட்ட வேண்டிய பரப்பு.

A_2 = கரை அமைக்க வேண்டிய பரப்பு.

மேலே காட்டிய வாய்பாடுகள் வந்த வகை : a_1, w_1, h_1, h_2 ஆகியவற்றிற்கான வாய்பாடுகள் வந்தவகை முன்னரே விளக்கப் பட்டது. w_2 வந்த வகையைக் காண்போம்.



படம் 281

281ஆம் படத்தில்

$$OA = \frac{b}{2};\ Aa = w_2 - \frac{b}{2} = sh\ 2\ ;$$

$$Ce = h_1 = h_1 + h_2$$

$$Ee = w_2 = Ce \times r = (h + h_2)r$$

$$\therefore w_2 = \frac{b}{2} + sh_2;\ w_2 = (h + h_2)r$$

இரண்டையும் சமப்படுத்தினால்

$$\frac{b}{2} + sh_2 = (h + h_2)r$$

$$h_2 = \frac{\left(\frac{b}{2} - r\,h\right)}{r - s}$$

மீண்டும் $w_2 = \frac{b}{2} + sh_2 = \frac{b}{2} + \frac{s\left(\frac{b}{2} - rs\right)}{r - s}$

$$= \frac{b}{2} + \frac{rs}{r-s}\left(\frac{b}{2r} - h\right)$$

$$(b)\ PB = PO + OB = rh + \frac{b}{2}$$

$$PA = OA - OP = \frac{b}{2} - rh$$

$$h_1 = \frac{\left(\frac{b}{2} + rh\right)}{(r-s)}$$

$$h_2 = \frac{\left(\frac{b}{2} - rh\right)}{(r-s)}$$

$$PBD\ \text{பரப்பு} = A_1 = \tfrac{1}{2}\ PB \cdot h_1$$

$$= \tfrac{1}{2}\left(\frac{b}{2} + rh\right)\frac{\left(\frac{b}{2} + rh\right)}{(r-s)}$$

$$= \tfrac{1}{2}\left\{\frac{\left(\frac{b}{2} + rh\right)^2}{r-s}\right\}$$

$$PAE\ \text{பரப்பு} = A_2 = \tfrac{1}{2}\ PA \cdot h_2$$

$$= \tfrac{1}{2}\left(\frac{b}{2} - rh\right)\frac{\left(\frac{b}{2} - rh\right)}{(r-s)}$$

$$= \tfrac{1}{2}\left\{\frac{\left(\frac{b}{2} - rh\right)^2}{(r-s)}\right\}$$

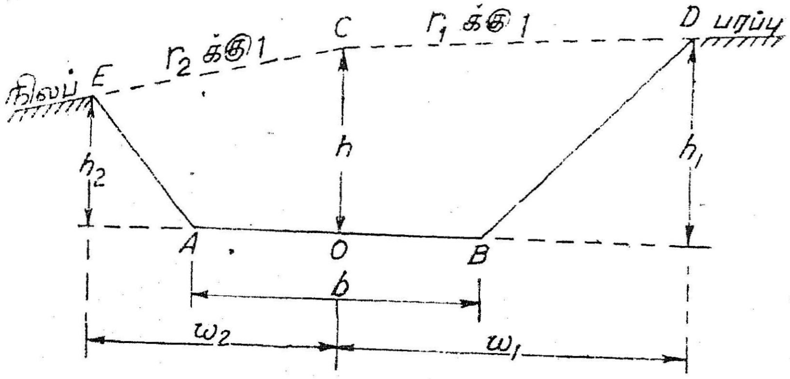
இதில் மண்வெட்டு வாட்டமும், கரை வாட்டமும் ஒன்றாக எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. ஆனால் மண்வெட்டு வாட்டம் சற்றே செங்குத்தாகவும், கரை வாட்டம் சற்றே தட்டையாகவும் இருக்கும். கரை வாட்டம் s_1 க்கு 1 என வைத்துக் கொண்டால், அதற்கேற்ப வாய்பாடு சற்றே மாறி கீழ்க்கண்டவாறு இருக்கும்.

$$w_1 = \frac{b}{2} + \frac{rs_1}{r-s_1}\left(h + \frac{b}{2r}\right)$$

$$A_1 = \tfrac{1}{2}\left\{\frac{\left(\frac{b}{2} + rh\right)^2}{r-s_1}\right\}$$

(4) மூன்று மட்டவெட்டு (படம் 282)

இதில் தரை மட்டத்தின் வாட்டம் ஒரே மாதிரி இல்லாமல் இரண்டாக இருக்கும்.



படம் 282

$$w_1 = \frac{r_1 s}{(r_1 - s)}\left(h + \frac{b}{2s}\right)$$

$$w_2 = \frac{r_2 s}{(r_2 + s)}\left(h + \frac{b}{2s}\right)$$

$$h_1 = h + \frac{w_1}{r_1}$$

$$h_2 = h - \frac{w_2}{r_2}$$

இவை "இருமட்ட வெட்டு" பகுதியில் கூறியபடி வருவிக்க முயன்று பார்க்கவும்.

தரைமட்டம் நடுவிலிருந்து ஏறினலோ, இறங்கினலோ, இரண்டிற்கும் w_1 & w_2 கண்டுபிடிக்க மேலே கண்ட வாய்பாடுகளையே பயன்படுத்தலாம்.

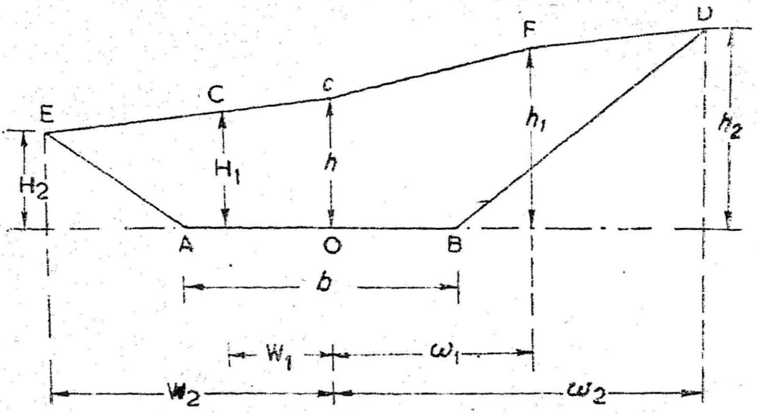
$$ABDCE \text{ பரப்பு} = A = \triangle COD + \triangle COE$$

$$+ \triangle ODB + \triangle OEA$$

$$= \left(\tfrac{1}{2} h \times (w_1 + \tfrac{1}{2} h \times w_2 + \frac{b}{4} \times h_1 + \frac{b}{4} \times h_2\right)$$

$$= \left\{\frac{b}{2} h \ (w_1 + w_2) + \tfrac{1}{4} (h_1 + h_2)\right\}$$

(5) பலமட்ட வெட்டு (படம் 283)



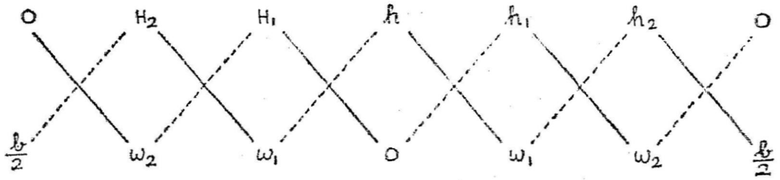
படம் 283

இடது		நடு	வலது	
$+H_2$	$\pm H_1$	$\pm h$	$\pm h_1$	$+h_2$
w_2	w_1	O	w_1	w_2

இதில் பரப்பு காணும் முறை, பரப்புளவு காணல் என்ற அத்தியாயத்தில் கூறிய ஆயம் முறை போன்றதே ஆகும். உயரங்களை மேலேயும், மையத்திலிருந்து அவற்றின் தொலைவை கீழேயும் நிரல்பட எழுதிக் கொள்ளவேண்டும். மேலே + உயரம் மண் வெட்டையும் − உயரம் கரையையும் குறிக்கும். அடி மட்டத்தின் நடுப்புள்ளி மையமாகவும், அதிலிருந்து வளரும் x, y ஆயத் தொலைகளாகவும் கருதிக் கொண்டு, கூட்டாயங்கள் முறையில் பரப்பு கண்டுபிடிக்க வேண்டும்.

AECcDB உருவத்தின் கூட்டாயங்களை *A*யிலிருந்து தொடங்கி பின் கண்டவாறு நிரல் படுத்திக் கொள்க.

(அ) கெட்டிக் கோடு இணைக்கும் எண்களைத் தனித்தனியே பெருக்கிக் கொண்டு அத்தொகைகளை மொத்தமாகக் கூட்டிக் கொள்க. (ΣP).



(ஆ) புள்ளிக்கோடு இணைக்கும் எண்களைத் தனித்தனியே பெருக்கிக், கூட்டிக் கொள்க (ΣQ).

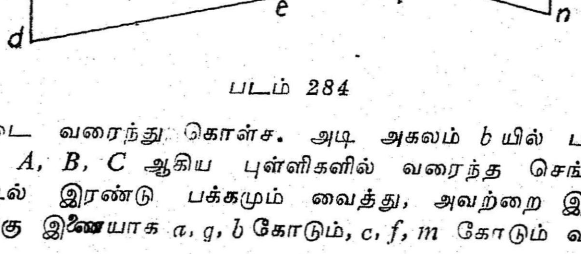
(இ) இவ்விரண்டு கூட்டுத் தொகைகளின் வேறுபாடு, இருமடங்கு பரப்பைக் காட்டுகிறது.

$$\therefore \quad A = \frac{\Sigma P - \Sigma Q}{2}$$

மண் வேலைப் பரவல்

மண்வேலை செய்ய வேண்டிய இடத்தின் எல்லைகளை அறிவதற்கு, அதன் தரைப்படம் வரைய வேண்டியிருக்கலாம். நெடுங்கோட்டின் குறுக்காகத் தரை உள்ள மட்டத்தைப் பொருத்து இரண்டு வகைப்படும். ஒன்று குறுக்காக வாட்டமில்லாமல் மட்டமாக இருப்பது (ஒரு மட்ட வெட்டு). இரண்டாவது குறுக்காகவும் வாட்டமாகவும் இருப்பது (இரு மட்டவெட்டு).

(a) **முதல் வகை:** நெடுங் கோட்டிற்குக் குறுக்காக, வாட்டமில்லாமல் மட்டமாக இருப்பது : முதலில் *ABC* என்ற நெடுங்



படம் 284

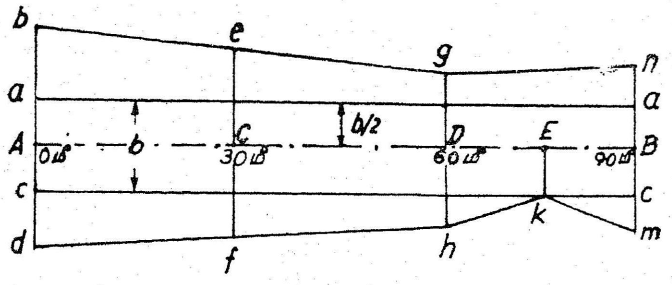
கோட்டை வரைந்து கொள்க. அடி அகலம் *b* யில் பாதியை எடுத்து *A*, *B*, *C* ஆகிய புள்ளிகளில் வரைந்த செங்குத்துக் கோட்டில் இரண்டு பக்கமும் வைத்து, அவற்றை இணைத்து *ABC* க்கு இணையாக *a*, *g*, *l* கோடும், *c*, *f*, *m* கோடும் வரைந்து

கொள்க. $Ab = Ad = \frac{b}{2} + sh$, என்று கண்டு பிடித்து b, d புள்ளிகளைக் குறித்துக் கொள்க. அதே போல B புள்ளியிலும் அகலம் கண்டுபிடித்து h, e புள்ளிகளைக் குறித்துக் கொள்க. bh கோடும், de கோடும் மண்வெட்டும் எல்லைகளைக் காட்டுகின்றன. அவைகளை நீட்டினால் D புள்ளியில் agl, c + m கோடுகளை h, q புள்ளிகளில் முட்டும் C யில் குறுக்கு வெட்டு, மண் கரையைக் காட்டுவதாக வைத்துக் கொள்வோம். அதன் பக்க வாட்டம் s, என்றும் உயரம் h_3 என்றும் இருந்தால் $w_1 = w_2 = \left(\frac{b}{2} + s_1h_3\right)$ இந்த அகலத்தை C யின் இரண்டு பக்கமும் வைத்து K, n புள்ளிகளைக் குறித்துக் கொள்க. K, n புள்ளிகளை h, q புள்ளிகளுடன் சேர்த்துக் கொள்க. இப்போது நெடுக வெட்டுத் தரைப்படம் தயார்.

படத்தில் b h p யும், d e q யும் மண்வெட்டு மேல் ஓரங்களைக் காட்டுகின்றன. D யில் வெட்டும் இல்லை; கரையும் இல்லை; அதனால் பக்க வட்டமும் இல்லை. pk, qn கோடுகள் மண்கரையின் கீழ் ஓரங்களைக் காட்டுகின்றன. இதுவே மண்வேலை பரந்துள்ள பரப்பாகும்.

b) இரண்டாம் வகை : நெடுங்கோட்டிற்குக் குறுக்காக உள்ள நிலப்பரப்பில் வாட்டம் இருப்பது :

முன்னர் இருமட்ட வெட்டு என்னும் பகுதியில் காட்டிய வாய்பாடுகளின் படி, பக்க அகலங்கள் w_1, w_2 ஆகியவற்றை A, B, C, D ஆகிய நான்கு இடைவெளிக்கும் கணக்கிட்டுக் கொள்ள வெண்டும்.



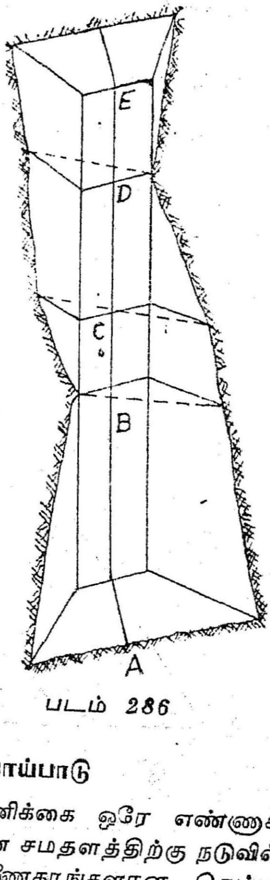
படம் 285

AB என்ற நெடுங்கோட்டை வரைந்து கொள்க. இடையில் C D புள்ளிகளைக் குறித்துக் கொள்க. $Aa = Ac = \frac{b}{2}$ வைத்து, a, c,

புள்ளிகளை Aயில் வரைந்த செங்குத்துக் கோட்டில் வைத்து AB க்கு இணையாக aa', cc', கோடுகளை வரைந்து கொள்க. A B C,D புள்ளிகளில் கணக்கிட்டு கண்டு பிடித்த w_1 w_2 நீளங்களை இருபக்கமும் அளந்து வைத்த புள்ளிகளை AB கோட்டிலிருந்து அளந்து வைத்து b, e, g, n புள்ளிகளையும், d f, h, m புள்ளிகளையும் குறித்துக் கொள்க. h புள்ளியிலிருந்து வரும் மண்வெட்டு நடுவில் கரையாக மாறுகிறது. அப் புள்ளி E என இருக்கட்டும்.

$$\frac{DE}{EB} = \frac{D \text{ யில் மண்வெட்டு ஆழம் } (h)}{B \text{ மண்கரை உயரம் } (m)}$$

என்ற விகிதத்தில் கணக்கிட்டால் E புள்ளி தெரியும். அதையும் அளந்து குறித்துக் கோள்ள வேண்டும்.



படம் 286

நெடுக வெட்டுபடம் (isometric view) (படம் 286) ACDEB என்ற ஐந்து குறுக்கு வெட்டுப்படங்களை இணைத்து வரையலாம். அதிலிருந்து மண் வெட்டிலிருந்து, கரை அமைப்பாக மாறும். இடங்கள் நன்கு தெரியும். எனவே மண்வெட்டும் கரையும் தனித்தனியே கணக்கிட்டறியலாம்.

பருமனளவுக்கான வாய்பாடு

பட்ட காய்டம் : பக்கங்களின் எண்ணிக்கை ஒரே எண்ணாக இருக்க வேண்டுமென்பதில்லாத இரு இணை சமதளத்திற்கு நடுவில் அமைந்து, அதன் நெடும் பக்கங்கள் இணைகரங்களான, கெட்டி உருவம் பட்டகாய்டம் எனப்படும் (படம் 287).

குறியீடுகள் A_0, A_1, A_2, A_3.........A_n = குறுக்கு வெட்டுகளின் பரப்புகள்

D = குறுக்கு வெட்டுகளின் இடைவெளி

V = பருமனளவு (மண்வெட்டு அல்லது கரை)

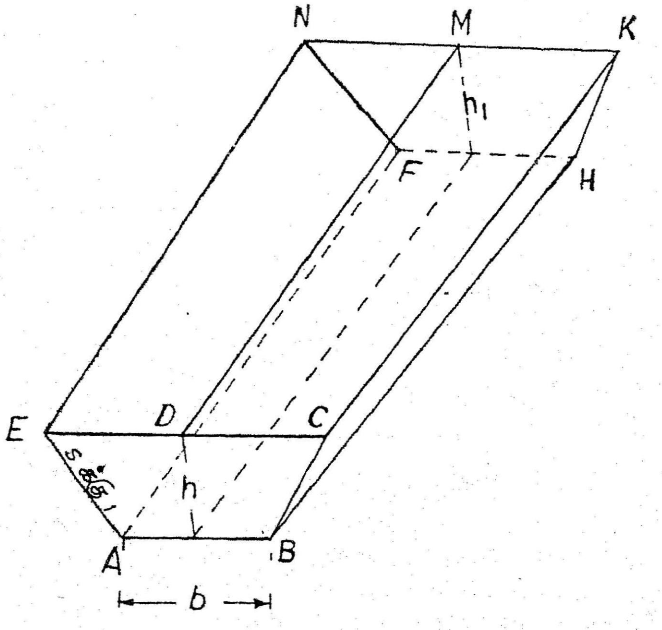
பருமன் காண இணைகர வாய்பாடு.

$$V = \frac{D}{2}\left\{A_0 + 2A_1 + 2A_2 + \ldots\ldots\ldots 2A_{n-1} + A_n\right\}$$

அல்லது $D = \left\{\frac{A_0 + A}{2} + A_1 + A_2\ A_3 \ldots\ldots\ldots + A_{n-1}\right\}$

பட்ட காய்ட வாய்பாடு

$$V = \frac{D}{3}\left\{A_0 + 4A_1 + 2A_2 + 4A_3 + 2A_4 + \ldots\ldots\ldots + 2A_{n-2} + 4A_{n-1} + A_n\right\}$$

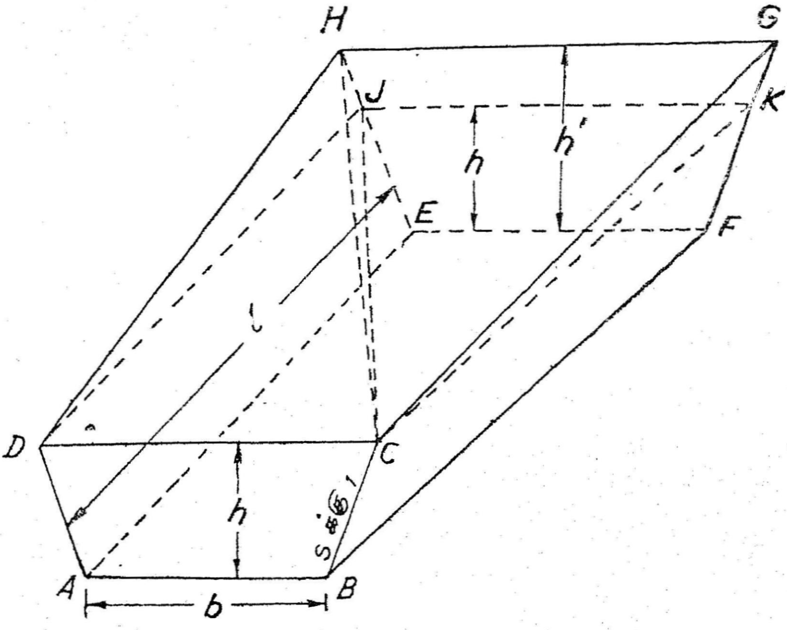


படம் 287

குறிப்பு : பட்டகாய்ட வாய்பாட்டைப் பயன்படுத்த ஒத்தைப்படை எண்ணுள்ள குறுக்கு வெட்டுகள்தான் இருக்க வேண்டும். இரட்டைப் படை எண்ணுள்ள குறுக்கு வெட்டுகள் இருந்தால், ஒன்றின் பருமனைத் தனியே கண்டு பிடித்துக்கொண்டு மீதியை பட்டகாய்ட வாய்பாடால் கண்டு இரண்டையும் கூட்டிக் கொள்ள வேண்டும்.

பட்ட காய்டங்களில் இரண்டு நேர் பரப்புகளுக்கு நடுவில் இன்னொகு பரப்பு தேவைப் பட்டால் அந்த இரு பரப்புகளின் சராசரியை எடுத்துக் கொள்ளக்கூடாது. பட்டகத்தின் புறக் கோடுகளின் நடுப் புள்ளிகளைக் கண்டுபிடித்து அந்த இடத்துக் குறுக்கு வெட்டுப் படம் வரைந்து அதிலிருந்துதான் பரப்பு எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும்.

பட்ட வாய்பாடு வருவித்தல்



படம் 288

288 ஆம் படத்தில் $A\,B\,C\,D\,E\,F\,G\,H$ என்ற உருவத்தின் பருமன் காண வேண்டும். $A\,B\,C\,D$ யும் $E\,F\,G\,H$ ம் இரண்டு முனை நேர் பரப்புகளாகும். அடிப்பரப்பு இணையாக, DC வழியே ஒரு சமதளம் வரைந்தால், அது CK, KJ, JD வழியே வெட்டும். இதில் மூன்று தனித்தனி உருவங்கள் உள்ளன. (i) $A\,B\,C\,D\,F\,K\,J\,E$ பட்டகம், (ii) $CKGHJ$ பிரமிட், (iii) $HDCJ$ பிரமிட் குறியீடு களும், அளவுகளும்.

b = AB = EF = அமைப்பு அடி அகலம்.

h = வெட்டு ஆழம் சிறியது.

h' = வெட்டு ஆழம் பெரியது.

l = பட்ட காய்டத்தின் நீளம்.

s க்கு 1 = பக்க வாட்டம்.

d = குறுக்கு வெட்டுக்களின் இடைவெளி $\left(\frac{l}{2}\right)$

குறுக்கு வெட்டு $ABCD$ யின் பரப்பு $= A_0 = (b + sh)h$

குறுக்கு வெட்டு $EFGH$ யின் பரப்பு $= A_2 = (b + sh')h'$

இவற்றின் நடுவில் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு $= A_1$

$$= \left\{ b + s\frac{(h + h')}{2} \right\} \left(\frac{h + h'}{2}\right)$$

$ABCDFKJE$ பட்டகப் பருமன் $= V_1$ = வெட்டுப் பரப்பு $\times$ நீளம்.

$$= (b + sh)h \times l$$

$CKGHJ$ பிரமிட் பருமன் $= V_2 = KGHJ$ பரப்பு $\times \frac{l}{3}$

$$= \left\{ (b + sh')h' - (b + sh)h \right\} \frac{1}{3}$$

$HDCJ$ பிரமிட் பருமன் $= V_3 = DCJ$ பரப்பு $\times \left(\frac{h' - h}{3}\right)$

$DC = (b + 2sh)$;

$DJ = l$

$$V_3 = \tfrac{1}{2} DC \times DJ \times \left(\frac{h' - h}{3}\right)$$

$$= (b + 2sh)(h' - h)\frac{l}{6}$$

V = பட்டகாய்டப் பரப்பு $= V_1 + V_2 + V_3$

$$= \left[(b + sh)hl + \{ (b + sh')h' - (b + sh)h \} \frac{l}{3} + (b + 2sh)(h' - h)\frac{l}{6} \right]$$

சுருக்கத்திற்குப் பின் :

$$V = \frac{l}{6}\left[(b+sh)h + 4\left\{b+s\left(\frac{h+h'}{2}\right)\right\}\left(\frac{h+h'}{2}\right) + (b+sh)+h'\right]$$

எனவே $ABCDEFGH$ பட்ட காய்டத்தின் பருமன்

$$V = \frac{l}{6}(A_0 + 4A_1 + A_2) = \frac{d}{3}(A_0 + 4A_1 + A_2)$$

பட்ட காய்டத் திருத்தம்

பட்டகாய்டத் திருத்தத்திற்கான (Cp) வாய்பாடுகள்

பருமன்களை இணைகர வாய்பாடால் கண்டுபிடித்துக்கொண்டு, அவற்றிற்கு பட்டகாய்டத் திருத்தம் சேர்த்துக் கொள்வதே, புழக்கத்தில் உள்ள முறையாகும். இந்தத் திருத்தம் கழித்தல் ஆகும்.

கீழே கொடுக்கப்பட்ட வாய்பாடுகளில், ஆங்கிலச் சிறிய எழுத்து முதல் குறுக்குவெட்டு அளவுகளையும் பெரியஎழுத்துக்கள் அடுத்த குறுக்குவெட்டின் அளவுகளையும் குறிக்கின்றன.

ஒரு மட்டக் குறுக்கு வெட்டு

$$Cp = \frac{Ds}{6}(h-H)^2$$

2. இரு மட்டக் குறுக்குவெட்டு (Two Level Section)

$$Cp = \frac{D}{6s}(w_1-W_1)(w_2-W_2)$$

$$Cp = \frac{Ds}{6}\left(\frac{r^2}{r^2-s^2}\right)(h-H)^2$$

3. மலைச்சரிவு இரு மட்டக் குறுக்குவெட்டு (Side Hill Two Level Section)

Cp (மண்வெட்டுக்கானது.)

$$= \frac{D}{12s}(w_1 - W_2)\left\{\left(\frac{b}{2} + rh\right) - \left(\frac{b}{2} + RH\right)\right\}$$

$$= \frac{D}{12(r-s)} \cdot r^2 \cdot (h-H)^2$$

Cp (மண் கரைக்கானது)

$$= \frac{D}{12s}\ (w_2 - w_2)\ \left(\frac{b}{2} - rh\right) - \left(\frac{b}{2} - RH\right)$$

$$= \frac{D}{12(r-s)}\ \cdot r^2 \cdot (h-H)^2$$

4. மூன்று மட்டக் குறுக்குவென்று (Three Level Section)

$$Cp = \frac{D}{12}(h-H)\{(w_1 + w_2) - (w_1 + w_2\}$$

$$= \frac{D}{12}(h-H)\left\{\begin{matrix}\text{முதல் குறுக்கு வெட்டின் மொத்த} \\ \text{அகலம் — அடுத்த குறுக்கு} \\ \text{வெட்டின் மொத்த அகலம்}\end{matrix}\right\}$$

பருமனுக்கான வளைவுத் திருத்தம்

மேலே கூறிய வாய்பாடுகள் எல்லாம் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்புகள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக இருப்பதாக எடுத்துக் கொண்டு வருவித்தவை. நெடுங்கோடு நேராக இல்லாமல் வளைந்திருந்தால், குறுக்கு வெட்டுப் பரப்புகள் இணையாக இருக்க இயலாதல்லவா ? அத்தகைய நிலைமைகளில், அவை இணையாக இருப்பதாகக் கருதிக்கொண்டு, பருமன் கண்டுபிடித்ததும் அதற்கு ஒரு வளைவுத்திருத்தம் சேர்த்துக் கொள்ளலாம். எளிய வளைவு களில் வேறுபாடு அதிகம் இராதாகையால், அவை தள்ளி விடப் படுகின்றன. அதனால், மலைச்சரிவுகளில் சாலை அகலப்படுத்துவது போன்ற வேலைகளில் வளைவுத்திருத்தம், கனிசமாக இருக்கும்.

வளைவுப் பருமன் கண்டுபிடிக்க ''பாப்பு'' வின் தோற்றம் பயன்படுகிறது. அது : ஓர் அச்சில் சுழலும், ஒரு மாறுப் பரப்பின் பருமன், அதன் புவி ஈர்ப்பு மையம் செல்லும் பாதை நீளத்தை, அப்பரப்பால் பெருக்க, வரும் தொகையாகும். பரப்புகள் சமமில்லாதபோது, புவி ஈர்ப்பு மையத்தின் சராசரி நீளம் $e = \frac{e_1 + e_2}{2}$ ஆகும். இரண்டு குறுக்குவெட்டுகளின் இடைவெளி D எனவும், புவிஈர்ப்பு மைய நீளம் R எனவும் இருந்தால், புவிஈர்ப்பு மையம் செல்லும் பாதையின் நீளம்

$$= \frac{D}{R}\left(1 \pm \frac{e}{R}\right)$$

$$\text{வளைவுப்பருமன்} = V_e = \tfrac{1}{2}(A_1 + A_2)\ D\left(1 \pm \frac{e}{R}\right)$$

இதில் ஈர்ப்பு மையம், நெடுங்கோட்டின் எதிர்ப்பக்கம், அதாவது சுழற்சி அச்சிற்கு மறுபக்கம் இருந்தால் கூட்டல் குறியும் அதே பக்கம் இருந்தால் கழித்தல் குறியும், கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ள வேண்டும்.

மாற்று முறையாக, ஒவ்வொரு பரப்பிலும் ஈர்ப்பு மையம் அமைந்திருப்பதற்கொப்ப பரப்பளவுக்கே திருத்தம் சேர்த்துக் கொள்ளலாம்.

$$A_1 \text{ க்குச் சமமான பரப்பு} = A_1\left(1 \pm \frac{e}{R}\right)$$

$$A_2 \text{ க்குச் சமமான பரப்பு} = A_2\left(1 \pm \frac{e}{R}\right)$$

இவ்வாறு திருத்திய பரப்புகளையே பட்டகாய்ட வாய்பாட்டில் பயன்படுத்திப் பருமன் அறியலாம்.

சில நிலைமைகளில் வளைவுத் திருத்தங்கள்

1. ஒரு மட்ட வெட்டுகள்

இதில் ஈர்ப்பு மையம் நெடுங்கோட்டிலேயே இருக்குமாதலால் திருத்தம் தேவையில்லை.

2. இருமட்ட வெட்டுகள் & மூன்று மட்ட வெட்டுகள்

$$\text{ஒரு மீட்டர் நீளத்திற்கான திருத்தம்} = \pm \frac{1}{6R}(w_1^2 - w_2^2)\left(h + \frac{b}{2s}\right)$$

குறுக்கு வெட்டு மாறுதிருக்கும்போது

$$D \text{ மீட்டர் நீளத்திற்கான திருத்தம்} = \pm \frac{D}{6R}(w_1^2 - w_2^2)\left(h + \frac{b}{2s}\right)$$

(குறிப்பு: கூட்டல், கழித்தல் குறிகள் மேலே கூறியபடியேயாகும்)

இருமட்ட குறுக்கு வெட்டிற்கு :

$$C_c = \frac{Ae}{R} \text{ (ஓர் அலகு நீளத்திற்கு)}$$

$$\text{இதில் } e = \frac{w_1 w_2 (w_1 + w_2)}{3 A_r}$$

3. மலைச்சரிவு—இருமட்டக் குறுக்குவெட்டு

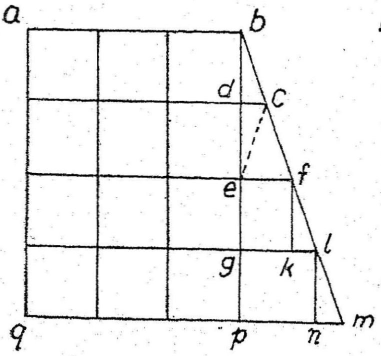
$$Cc = \frac{Ae}{R}$$ (ஓரலகு நீளத்திற்கு)

இதில் $e = \frac{1}{3}\left(w_1 + \frac{b}{2} - rh\right)$ (பெரும் பரப்புகளுக்கு)

& $e = \frac{1}{3}\left(w_2 + \frac{b}{2} + rh\right)$ (சிறிய பரப்புகளுக்கு)

பரவல் மட்டங்கள் (Spot Levels)

இதை borrow pito (பக்க குழிகள்) என்ற தலைப்பிட்டும், வழங்குவர். சாலை, ஏரி போன்றவற்றிற்கு கரை அமைக்க மண் வேண்டியிருந்தால் பக்கத்தில் உள்ள நிலத்தில் மண் தோண்டி எடுத்துக் கொள்வர். பெரும் பாலும் இந்தக் குழிகளை அளந்து, எடுத்த மண்ணை கணக்கிடுவர். இக்குழிகள் பக்கக் குழிகள் எனப்படும். ஒரு பரவலான இடத்தில் மண் எடுக்கு முன்னர் அதை பல சம உருவங்களாக (கட்டங்களாக அல்லது செவ்வகங்களாக அல்லது முக்கோணங்களாகப்) பிரித்துக் கொண்டு அவற்றின் முனைகளில் மட்டம் எடுத்துக் கொள்வர். இந்த மட்டங்களிலிருந்து பின்னர் தோண்டிய மண்ணைக் கணக்கிட்டுக் கொள்ளலாம்.



படம் 289

பக்கக் குழிகளின் பருமன் காண, பல குழிகளின் பருமன்களை தனித்தனியே கண்டு கூட்டிக் கொள்ள வேண்டும்.

A = ஒரு குழியின் கிடைப்பரப்பாகவும்

$h_1\ h_2\ h_3\ h_4$ அதன் நான்கு முனை உயரங்களாகவும் இருக்கட்டும்.

முக்கோணப் பட்டகத்தின் பருமன்

$$V = A\left(\frac{h_1 + h_2 + h_3}{3}\right)$$

செவ்வகப் பட்டகத்தின் பருமன்

$$V = A \left(\frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4}\right)$$

ஒரே பரப்பளவுள்ள பல உருவங்களாகப் பகுத்துக் கொண்டால், அவற்றின் பருமன் காண வழி :

சராசரி ;உயரம் $H = \Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 3\Sigma h_3 + 4\Sigma h_4 + \ldots\ldots$

இவற்றில் Σh_1 = பருமனில் பங்கேற்கும் உருவங்களில் ஒரு தடவை பயன்படும் மூலைகளின் உயரங்களின் கூட்டுத் தொகை.

Σh_2 = இரண்டு தடவை பயன்படும் மூலைகளின் கூட்டுத் தொகை.

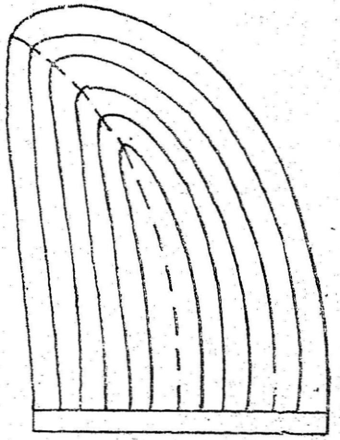
Σh_3 = மூன்று தடவை பயன்படும் மூலைகளின் கூட்டுத் தொகை.

Σh_4 = நான்கு தடவை பயன்படும் மூலைகளின் கூட்டுத் தொகை.

குறிப்பு : செவ்வகமாகவோ, கட்டமாகவோ பிரித்தால், ஒரு மூலையைச் சுற்றியுள்ள நான்கு உருவங்களும் கணக்கில் வரும் போது, அந்த மூலை நான்கு தடவை பயன்படுவதாகப் பொருள் முக்கோணமாகப் பிரிக்கப்பட்டிருந்தால் அவற்றின் அமைப்பைப் பொறுத்து ஒரு மூலை ஆறு தடவை அல்லது எட்டுத் தடவை கூட வரலாம்.

ஏரி, குளம், அணைகளின் ஏற்பளவு

ஏரி, குளம், அணை போன்றவற்றின் ஏற்பளவு, அவற்றின் ஒரு மட்டக் கோடுகளிலிருந்து கணக்கிடப்படுகின்றது. ஒவ்வொரு ஒரு மட்டக் கோட்டிற்குள்ளும் அடங்கிய பரப்பை பரப்பளவி மூலமாகவோ, வேறு வகைகளிலோ கண்டு பிடித்துக் கொள்ள வேண்டும். பின்னர், அடுத்தடுத்த ஒரு மட்டக் கோடுகளின் நிலைவெளியைப் பயன்படுத்தி, இணைகர வாய்பாடு அல்லது பட்டகாய்ட வாய்பாடு பயன்படுத்தி, அந்த இரு ஒரு மட்டக் கோடுகளின் இடையிலுள்ள நீர் அளவு அறியலாம் அவ்வாறு கிடைத்த பருமன்களின் கூட்டுத் தொகையே (ΣV) மொத்த ஏற்பளவு ஆகும். பட்ட



படம் 290

காய்ட வாய்பாட்டை இரண்டு வகையாக பயன்படுத்தலாம். முதல் முறையில், இரண்டு ஒரு மட்டக் கோட்டுப் பரப்பையும், அந்த ஒரு மட்டக் கோடுகளின் நிலைவெளி மையத்தில் இணைத்து, நடுப்பரப்பு கண்டுபிடித்து, அதை இடைப் பரப்பாக வைத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. இரண்டாவது முறையில், முதல், மூன்றுவது ஒருயரக் கோட்டுப் பரப்புகளை முனைவெட்டுகளாகவும், இரண்டாவது ஒருயரக் கோட்டுப் பரப்பை நடுவெட்டு (mid section) ஆகவும் எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது.

$A_1, A_2, A_3 \ldots\ldots$ = தொடர்ந்த ஒருயரக் கோடுகளின் பரப்புகளாகவும்,

Am = நடுப்பரப்பாகவும்

D = ஒருயரக் கோடுகளின் நிலைவெளியாகவும்

V = மொத்தப் பருமனாகவும் இருக்கட்டும்.

இணைகர வாய்பாட்டின்படி ஏற்பளவு

$$= V = \Sigma \left\{\frac{D}{2}(A_1 + A_2)\right\}$$

பட்டகாய்ட வாய்பாட்டின்படி

முதல் முறையில் ஏற்பளவு $= V = \Sigma \left\{\frac{D}{3}(A_1 + 4Am + A_2)\right\}$

இரண்டாம் முறையில் ஏற்பளவு $= V$

$$\Sigma = \left\{\frac{D}{3}(A_1 + 4A_2 + A_3)\right\}$$

எடுத்துக்காட்டுகள்

எடுத்துக்காட்டு 1

ஒரு கால்வாய், மட்டமான தரையில் 4 மீட்டர் ஆழம் உள்ளது. அதன் அடி அகலம் 12 மீ பக்கவாட்டம் 1·5க்கு 1 (நிலை).

$$\text{பரப்பு} = (b + sh)h$$
$$= 4(12 + 1{\cdot}5 \times 4) = 4(12 + 6) = 72\text{மீ}^2$$

எடுத்துக்காட்டு 2

ஓர் ஏரிக்கரை 10 : 1 குறுக்கு வாட்டம் உள்ள தரையில் அமைந்துள்ளது. மேல் அகலம் 15மீ, பக்க வாட்டம் 1 : 1. மையத்தில் கரை உயரம் 2மீ கரையின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு காண்க.

$$\text{பரப்பு} = \left\{ \frac{s\left(\frac{b}{2}\right)^2 + r^2bh + r^2\, sh}{r^2 + s^2} \right\}$$

பக்கவாட்டம் $s = 1 : 1$

குறுக்கு வாட்டம் $r = 10 : 1$

கரைமேல் அகலம் $b = 15$ மீ

மைய உயரம் $h = 2$ மீ

$$\text{பரப்பு} = \left\{ \frac{1\left(\frac{15}{2}\right)^2 + 10^2 \times 15 \times 2 + 10^2 \times 1 \times 2^2}{(10^2 - 1^2)} \right\}$$

$$= \frac{56{\cdot}25 + 3000 + 400}{100 - 1} = 34{\cdot}911 \text{ மீ}^2$$

எடுத்துக்காட்டு 3

ஒரு குளத்தின் கரை 12 மீ அகலம். பக்க வாட்டம் 2க்கு 1; மட்டமான தரை மீது அமைந்துள்ளது. 50 மீ இடைவெளிகளில் கரையின் நடு உயரம் வருமாறு: 0, 5, 9, 3, 0 மீ இணைகர வாய்ப்பாட்டின் மூலமும், பட்டகாய்ட வாய்பாட்டின் மூலமும் கரையின் பருமன் காண்க.

$$\text{பரப்பு} = (b + sh)h$$

இதில் $b = 12$மீ

$s = 2$க்கு 1

முதல் வெட்டு : $h = 0$, பரப்பு $= 0$

இரண்டாம் வெட்டு : $h = 0$

பரப்பு $= (12 + 2 \times 5)\ 5 = 22 \times 5 = 110$ மீ^{2}

மூன்றும் வெட்டு : $h = 9$

பரப்பு $= (12 + 2 \times 9)\ 9 = 30 \times 9 = 270$ மீ^{2}

நான்காம் வெட்டு : $h = 3$

பரப்பு $= (12 + 2 \times 3)\ 3 = 18 \times 3 = 54$ மீ^{2}

ஐந்தாம் வெட்டு : $h = 0$ பரப்பு $= 0$

இணைகர வாய்பாட்டின்படி

$$\text{பருமன்} = D\left\{\frac{A_1 + A_5}{2} + A_2 + A_3 + A_4\right\}$$

$$= 50\left\{\frac{0 + 0}{2} + 110 + 270 + 54)\right\}$$

$$= 21700 \text{ மீ}^3$$

பட்டகாய்ட வாய்ப்பாட்டின்படி

$$\text{பருமன்} = D/3 \ \{A_1 + 4A_2 + 2A_3 + 4A_4 + A_5\}$$

$$= D/3 \ \{(A_1 + A_5) + 4(A_2 + A_4) + 2A_3\}$$

$$= 50/3 \ \{0 + 0 + 4(110 + 54) + 2(270)\}$$

$$= 19933.5 \text{ மீ}^3$$

எடுத்துக்காட்டு 4

குறுக்கு வாட்டம் மட்டமாக உள்ள தரையில் ஒரு நெடுஞ் சாலை அமைக்கப்படுகிறது. மண் வெட்டின் அடி அகலம் 10மீ; பக்கவாட்டம் 1 க்கு 1. சாலையின் நீளப்பாடும், நடு ஆழமும் கீழேதரப்பட்டுள்ளன.

நீளப்பாடு(மீ)	0	30	60	90	120	150	180
நடு ஆழம்(மீ)	2	6	3	1	5	8	4

மண்வெட்டுப் பருமன் கணக்கிடுக.

பரப்பு $= (b + sh)\,h$ இதில் $b = 10$ மீ; $s = 1$

$\therefore$ கு.வெ. 1 = பரப்பு 1 $= (10 + 1 \times 2)\,2 =$ 24 மீ^{2}

கு.வெ. 2 = பரப்பு 2 $= (10 + 1 \times 6)\,6 =$ 96 மீ^{2}

கு.வெ. 3 = பரப்பு 3 $= (10 + 1 \times 3)\,3 =$ 39 மீ^{2}

கு.வெ. 4 = பரப்பு 4 $= (10 + 1 \times 1)\,1 =$ 11 மீ^{2}

கு.வெ. 5 = பரப்பு 5 $= (10 + 1 \times 5)\,5 =$ 75 மீ^{2}

கு.வெ. 6 = பரப்பு 6 $= (10 + 1 \times 8)\,8 =$ 144 மீ^{2}

கு.வெ. 7 = பரப்பு 7 $= (10 + 1 \times 4)\,4 =$ 56 மீ^{2}

பருமன் (இணைகர வாய்பாட்டில்)

$$= D\left\{\frac{A_1 + A_7}{2} + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6\right\}$$

$$= 30\left\{\frac{24 + 56}{2} + 96 + 39 + 11 + 75 + 144\right\}$$

$= 30\,(40 + 365) = 12150$ மீ^{3}

பட்டகாய்ட வாய்பாட்டில்

பருமன் $= \frac{D}{3}\{A_1 + 4A_2 + 2A_3 + 4A_4 + 2A_5 + 4A_6 + A_7\}$

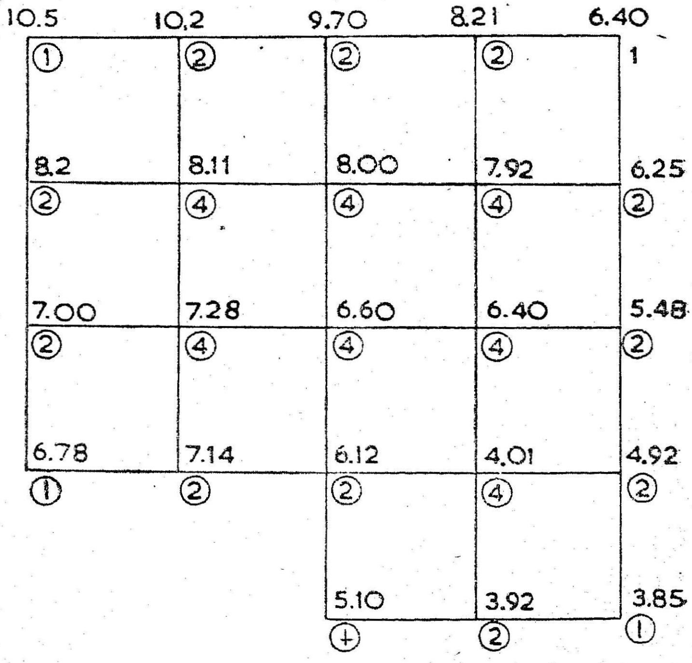
$$= \frac{D}{3}\{(A_1 + A_7) + 4\,(A_2 + A_4 + A_6) + 2\,(A_3 + A_5)\}$$

$$= \frac{30}{3}\{(24 + 56) + 4\,(96 + 11 + 144) + 2\,(39 + 75)\}$$

$$= 10\,\{80 + 100 + 228\}$$

$= 10 \times 1312 = 13120$ மீ^{3}

எடுத்துக்காட்டு 5



படம் 291

291 ஆம் படத்தில் காட்டியவாறு 20 மீ பக்கமுள்ள கட்டங்களின் பரவல் மட்டங்கள் எடுக்கப்பட்டு, ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் வெட்டு ஆழம் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. மொத்த மண்வெட்டுப் பருமன் கண்டிடுக.

படத்தில் ஒவ்வொரு புள்ளியும் எத்தனை கட்டங்களில் பரப்புக்கு உதவுகின்றனவோ அதை வட்டத்திற்குள் குறித்துக் கொள்க.

சராசரி வெட்டு ஆழம் $= H = \Sigma h_1 + 2\,\Sigma h_2 + \Sigma h_3 + \Sigma h_4$

$$\Sigma h_1 = 10{\cdot}5 + 6{\cdot}40 + 6{\cdot}78 + 5{\cdot}10 + 3{\cdot}85 = 32{\cdot}63$$

$$\Sigma h_2 = 2\{10{\cdot}2 + 9{\cdot}70 + 8{\cdot}21 + 8{\cdot}20 + 6{\cdot}25 + 7{\cdot}00 + 5{\cdot}48 + 7{\cdot}14 + 4{\cdot}92 + 3{\cdot}92\}$$

$$= 2 \times 71{\cdot}02 = 142{\cdot}04$$

$$\Sigma h_3 = 3\,(6{\cdot}12) = 18{\cdot}36$$

$$\Sigma h_4 = 4\,\{8{\cdot}11 + 8{\cdot}00 + 7{\cdot}92 + 7{\cdot}28 + 6{\cdot}60 + 6{\cdot}40 + 4{\cdot}01)$$

$$= 4 \times 48{\cdot}32 = 193{\cdot}28$$

சராசரி உயரம் $H = \Sigma h_1 + \Sigma h_2 + \Sigma h_3 + \Sigma h_4$

$$= 32{\cdot}63 + 142{\cdot}04 + 18{\cdot}36 + 193{\cdot}28$$

$$= 386{\cdot}31$$

பருமன் $V = AH = \frac{1}{4} \times 20 \times 20 \times 386{\cdot}31$

$= 38631$ மீ^{3}

10. மட்டகிகளுக்கான திருத்தங்கள்

நுண்மையான அளக்கைக் கருவிகளுள், மட்டகியும் ஒன்றாகும். எப்போதும் பிழையின்றித் திருத்தமாக இருக்க வேண்டியது மிகவும் இன்றியமையாததாகும். மட்டகி வழியே தோன்றும் பிழைகளை வாராமல் தடுக்க அவ்வப்போது, சில தடுப்பு முறைகளைக் கையாண்ட போதிலும், அவற்றை நிலையாகத் திருத்தி வைத்துக் கொள்வது மிகவும் நல்லது.

மட்டகிக்கான நிலையான திருத்தங்களின் நோக்கம், அதன் பல்வேறு அடிப்படை அச்சுகளின் உறவுகளைச் சரியான முறையில் திருத்தி அமைத்தல்.

மட்டகியின் அடிப்படை அச்சுகளாவன

1. ரசமட்டக் கோடு (குமிழ்க் கோடு)

2. பார்வைக் கோடு (line of collimation)

3. குத்தச்சு அல்லது நிலை அச்சு

4. தொலைநோக்கி அச்சு

அவற்றின் உறவுகளாவன

1. பார்வைக் கோடு, ரச மட்டக் கோட்டிற்கு இணையாக இருக்க வேண்டும். எல்லா வகை மட்டகிகளுக்கும் இது இன்றியமையாத முதன்மை உறவாகும்.

2. பார்வைக்கோடும், தொலைநோக்கி அச்சும் ஒன்றின் மீதொன்று படியவேண்டும். Y மட்டகி, ''கூக்''கின் மட்டகிகளுக்கு இது இன்றியமையாதது; டம்பி மட்டகிக்கு இது இருந்தால் நல்லது.

3. ரசமட்டக்கோடு குத்தச்சிற்கு செங்கோணத்தில், அதாவது சரியான கிடைமட்டத்தில் இருக்கவேண்டும். அப்போது தான் எல்லாத் திசையிலும் தமிழ் நடுவிலேயே இருக்கும். கூக்கின் மட்டகி, குசிங்கின் மட்டகிகளில் இது இன்றியமையாதது; டம்பி மட்டகி. Y மட்டகிகளில் இருந்தால் நல்லது.

Y மட்டகி, கூக்கின் மட்டகி, குசிங்கின் மட்டகி போன்றவை களின் பயன் காலப் போக்கில் அருகிவிட்டன. தற்போது மிக அதிகமாகப் புழக்கத்தில் உள்ளது. டம்பி மட்டகியும், புதுமைச் சாய்க்கும் மட்டகியுமே ஆகும். இருந்த போதிலும் பழைய கருவிகள் வாங்கி வைத்துள்ள இடங்களில் பணியாற்ற வேண்டிய வாய்ப்பு ஏற்படலாம். அத்தோடு அவைகளுக்கான சீர்த்திருத் தங்கள் அறிந்திருப்பது புதிய கருவிகளின் வளர்ச்சியையும் உள்ளமைப்பையும் பயன்படுதன்மையும் நன்கு விளங்கிக்கொள்ள வழிவகுக்கும்.

திருத்தங்களுக்கான செய்முறைகளுக்கேற்ப நான்கு வகை யாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன.

1. டம்பி மட்டகி.
2. y-மட்டகி.
3. முனைமாறும் மட்டகிகளான கூக்கின் மட்டகி, குசுங்கின் மட்டகி.
4. புதுமைச் சாய்க்கும் மட்டகி.

திருத்தங்கள் செய்வதில் உள்ள இரண்டு படிகள்.

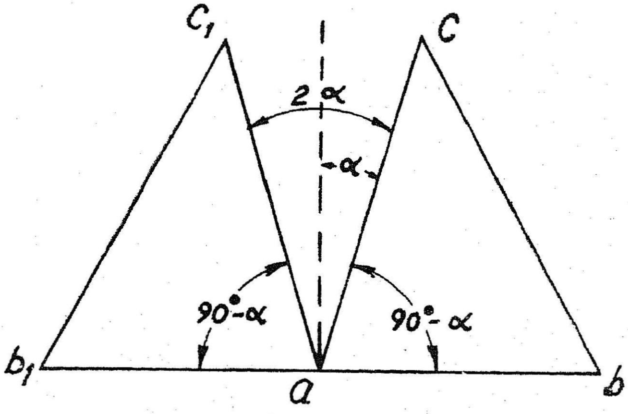
1. பிழையை அறிவதற்கான சோதனை.
2. அப்பிழையைப் போக்குவதற்கான திருத்தம்.

"திரும்பிப்பார்" கொள்கை

கருவிப் பிழையை அறிந்து கொள்வதில் திரும்பிப்பார்க்கும் ஏற்பாடு அதிகப் புழக்கத்தில் உள்ளது. மட்டகிகள், தியோட லைட்டுகளின் கருவிப் பிழை அறிய இந்தக் கொள்கையே பெரிதும் பயன்படுகிறது.

180 பாகை அளவுக்குக் கருவிகளைத் திருப்பிப் பார்க்கும் போது, பிழைகள் இரண்டாகப் பெருகித் தெரிகின்றன. (படம் 292) பிழை பெரிதாவதால், பார்த்து அளக்க முடிகிறது. அளந்த பிழையை இரண்டால் வகுத்தால் அசல் பிழை கிடைக்கும்.

ஒரு தடவை நேராகப் பார்த்த அளவுடன், எதிர் திசையில் திருப்பி, மீண்டும் பார்த்து, இரண்டு அளவுகளுக்கும் சராசரி



படம் 292

எடுத்துக் கொண்டால், பிழை கணக்கில் வராமல் ஓடிவிடுகிறது. இதுவே, இந்தத் '' திரும்பிப்பார் '' கொள்கையின் மிகப் பெரும் பயனாகும்

டம்பி மட்டகிக்கான திருத்தங்கள்

டம்பி மட்டகியின் தொலைநோக்கி கருவியுடன் கெட்டியாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. அதனால் இரண்டு திருத்தங்கள் மட்டும் தான் உண்டு.

1. ரசமட்டக் கோட்டைக் குத்தச்சிற்குச் செங்குத்தாக அமைத்தல் :

தேவை : ரசமட்டக் கோடு குத்தச்சிற்குச் செங்குத்தாக இல்லாமலிருந்தால், தொலைநோக்கியை ஒரு திசையில் வைத்து சமப்படுத்திய பின் 180 பாகை திருப்பி எதிர்த் திசையில் நிறுத்தினால் மட்டமாக இராது. அதனால் கருவியை அடிக்கடி சரியாக்க வேண்டிய தேவை ஏற்படும். அதனால் இந்தத் திருத்தம் தேவைப்படுகிறது.

சோதனை : கருவியை நிறுத்தியதும் வழக்கமான, தற்காலிக சரியாக்கத்தின்படி மட்டப் படுத்திக்கொள்க.. இப்போது தொலை நோக்கி இரண்டு திசைகளில் மட்டமாக இருக்கும். ஒன்று

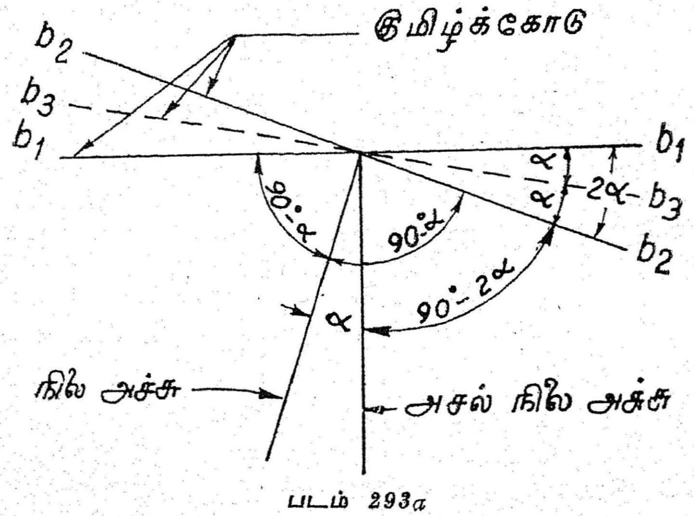
இரண்டு அடித்திருகுகளுக்கு இணையாக, மற்றது அதற்குச் செங்கோணத்தில் மீண்டும் இரண்டு திருகுகளுக்கு இணையாகக் கொண்டு, மட்டமாக உள்ளதா எனப் பார்த்துவிட்டு, 180 பாகை திருப்புக. அல்லது இரண்டு திருகுகளுக்குச் செங்கோணத்தில் கொண்டு வந்துவிட்டு, மட்டமாக உள்ளதா எனப் பார்த்துவிட்டு 180 பாகை திருப்புக. இவ்வாறு திரும்பிய நிலையில் குமிழ் நடுவிலேயே இருந்தால் கருவி நல்ல நிலையிலுள்ளது. திருத்தம் தேவையில்லை என்று பொருள்.

திருத்தம் : தொலைநோக்கியின் மேல், ரசமட்டக் குழாய் பொருந்தியுள்ள திருகை மேலும், கீழும் நகர்த்திச் சரியாக்க வேண்டும்.

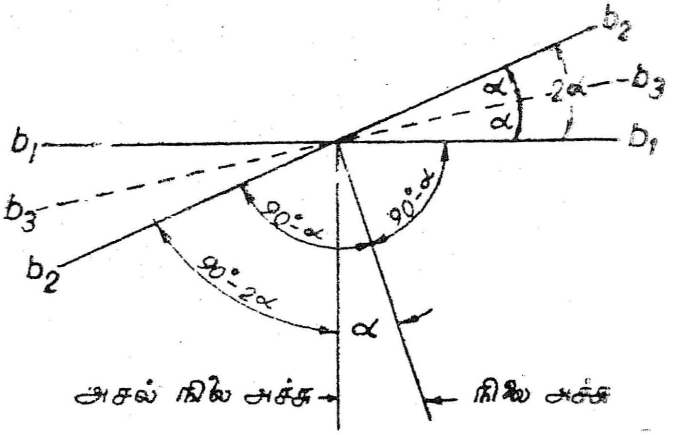
(அ) குமிழ் நடுவில் நிற்காமல் தள்ளி நின்றால் எத்தனை பிரிவுகள் தள்ளி நிற்கிறதென்று குறித்துக் கொள்க. இது $2n$ பிரிவாக இருந்தால், பிரிவாக இருந்தால், அதில் பாதி தூரம் (n பிரிவுகள்) வருமாறு, ரசமட்டத் திருகை இயக்கி நகர்த்துக. மீதியை அடித்திருகை இயக்கி நிறுத்துக.

(ஆ) தொலைநோக்கியை 90 பாகை திருப்பி, மட்டமாக வருமாறு அடித்திருகை இயக்கி மட்டப் படுத்திக்கொள்க.

(இ) மீண்டும் நேர் எதிர்த்திசையில் திருப்புக. குமிழ் நடுவில் இருந்தால் கருவி திருந்திவிட்டது. இல்லையானல் கருவி திருந்தும்வரை மீண்டும் மீண்டும் செய்க.



படம் 293a



படம் 293b

293a படத்தில், ரசமட்டம் மட்டமாக உள்ளபோது, கருவியின் குத்தச்சு 90 • பாகையில் இல்லாமல், α பாகை குறைந்துள்ளது. கருவி மட்டத்திற்கும் (b_1 b_1) கருவியின் குத்தச்சிற்கும் இடைக்கோணம் 90 – α பாகை. தொலை நோக்கியை எதிர் திசையில் திருப்பியதும், புதிய ரச மட்டக்கோடு (b_2 b_2), கருவியின் குத்தச்சிற்கும் 90 – α பாகை இருக்கும். அதனால் b_2 b_2 கோட்டிற்கும் அசல் குத்திற்கும் இடைக் கோணம் 90 – 2α ஆகும். எனவே b_1 b_1 கோட்டிற்கும், b_2 b_2 கோட்டிற்கும் இடையில் 2 α கோணம் அமைகிறது. இதில் ரசமட்டத்திருகை இயக்கி, குமிழ் n பிரிவுகள் நகருமாறு செய்தால், ரசமட்டக்கோடு b_3 b_3 ஆகும். இது அசல் குத்தச்சிற்குச் செங்கோணத்தில் இருக்கும்.

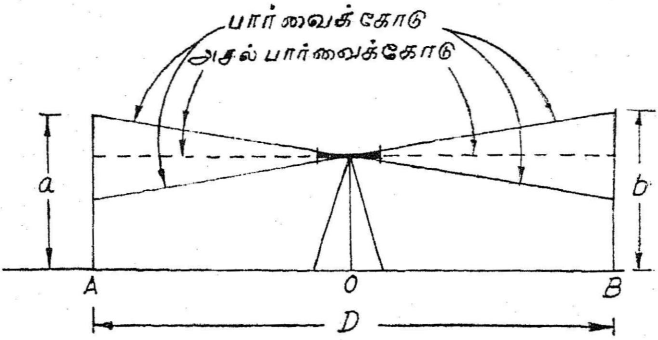
2. பார்வைக் கோட்டை, ரசமட்டக் கோட்டிற்கு இணையாகச் செய்தல் :

தேவை : பார்வைக்கோடு கிடை மட்டமாக உள்ளதென்ற அடிப்படையில்தான், மட்டகையே செய்யப்படுகிறது.

அதை அறிய ஒரே வழி ரசமட்டம்தான். பார்வைக்கோடு, ரசமட்டக் கோட்டிற்கு இணையாக இருந்தால்தான், குமிழ் நடுவில் இருக்கும்போது, பார்வைக்கோடு கிடைமட்டமாக இருக்கும்.

சோதனை : இரண்டு கோடுகளும் இணையாக இருப்பதை அறிய நடத்தும் சோதனை இரண்டு முளை முறை எனப்படும்.

இரண்டு முளைமுறை : ஒரு குறிப்பிட்ட தூரத்தில் (60மீ முதல் 100 மீ வரை) ஓரளவு சமமான தரையில் இரண்டு முளைகளை

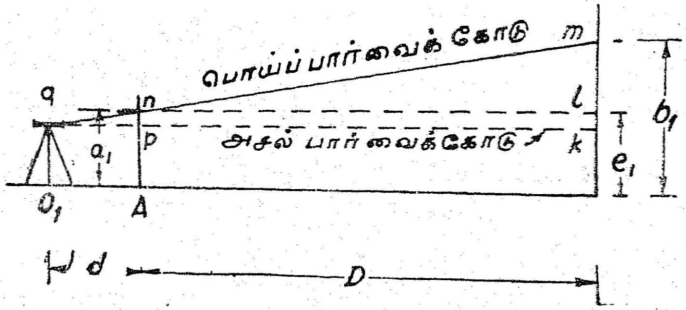


படம் 294

(A&B) நிலத்தில் அடித்துக் கொள்ள வேண்டும். அவை இரண்டிற்கும் சரிநடுவில் (O) இன்னொரு முளை அடித்துக்கொள்ள வேண்டும் (படம் 294).

கருவியை O வில் நிறுத்தி மட்டப்படுத்திக் கொள்க. A, B ஆகிய முளைகளின் மீது மட்டகைக் கம்பங்களை நிறுத்தி, அளவுகள் (a, b) எடுத்துக்கொள்க.

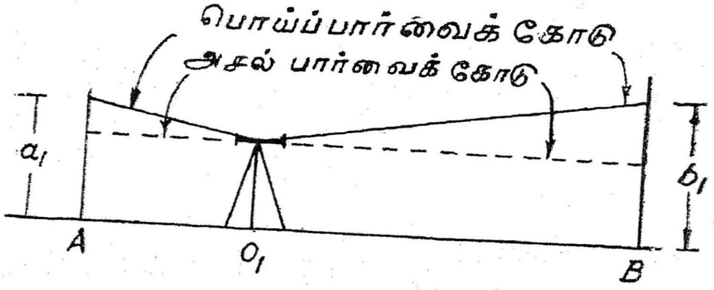
AB க்கு வெளியே d_1 மீட்டர் தூரத்தில் O_1 என்ற இடத்தில் கருவியை மாற்றி நிறுத்துக. அல்லது 316ம் படத்தில் உள்ளது போல் A, B க்கு இடையே d_1 மீட்டர் தூரத்தில் O_1 என்ற



படம் 295

இடத்தில் நிறுத்திக் கொள்க. கருவியை மட்டப்படுத்திக் கொண்டபின் இரண்டு கம்பங்களிலும் அளவு (a_1, b_1) எடுத்துக் கொள்க.

a, b இரண்டிற்குமுள்ள வேறுபாடும், a_1 b_1 இரண்டிற்குமுள்ள வேறுபாடும் கண்டு பிடித்துக் கொள்க. முன்னது இரண்டு முளை களுக்கு முள்ள அசல் வேறுபாடு ஆகும்; ஏனெனில் அதில் கருவி



படம் 296

நடுவில் உள்ளதால், பிழை ஈடு செய்யப்பட்டு விடுகிறது. a_1 b_1 இரண்டிற்குமுள்ள வேறுபாடு தோற்ற வேறுபாடு (apparent differnce) எனப்படும். இது முன்னதற்குச் சமமாக இருந்தால் கருவியில் பிழையில்லை; ரசமட்ட அச்சும், பார்வை அச்சும் இணை யாக உள்ளன என்று பொருள். அவ்வாறில்லையாயின் திருத்தம் தேவை.

திருத்தம்: தொலைநோக்கித் திரையின் திருகுகளை இயக்கி இதை சரியாக்க வேண்டும்.

(அ) A, B ஆகியவற்றின் அசல் வேறுபாடு காண்க. bஐவிட a பெரிதாக இருந்தால், அதாவது A தாழ்ந்து B மேடாக இருந்தால் ஏற்றம் என்றும் அன்றி இறக்கம் என்றும் கொள்க.

(ஆ) இறக்கமாக இருந்தால் A முளை மீதுள்ள கம்பத்து அளவுடன், அசல் வேறுபாட்டைக் கூட்டிக்கொண்டால், B முளை மீதுள்ள கம்பத்தின் சரியான அளவு கிடைக்கும் (ஏற்றமாக இருந்தால் கழித்துக் கொள்ளவேண்டும்)அது e_1என இருக்கட்டும்.

$$e_1 = a_1 + \text{அசல் வேறுபாடு.}$$

(இறக்கமாக இருந்தால் கூட்டல் குறியும், ஏற்ற மாக இருந்தால் கழித்தல் குறியும் பயன்படும்.)

(இ) b_1 அளவையும் e_1 அளவையும் ஒப்பிட்டுப் பார்க்க வேண்டும். b_1 பெரியதாயின் பார்வைக்கோடு மேல் நோக்கி சாய்ந்துள்ளது. சிறிதாயின் கீழ் நோக்கி சாய்ந்துள்ளது.

$b_1 \backsim e_1 = D$ தூரத்திற்கான பார்வைப் பிழை.

(ஈ) செய்மை முனை (B) மீதுள்ள கம்பத்து அளவுக்கு சேர்க்க வேண்டிய திருத்தம்.

$$C_1 = \frac{D + d}{D} (b_1 \backsim e_1)$$

அண்மை முனை (A) மீதுள்ள கம்பத்து அளவுக்கு சேர்க்க வேண்டிய திருத்தம்.

$$C_2 = \frac{d}{D} (b_1 \backsim e_1)$$

a_1, b_1 ஆகியவற்றிற்குச் சேர்க்க வேண்டிய இந்தத் திருத்தங்கள், கீழ்ச்சாய்வாக இருந்தால் கூட்டவேண்டும்; மேல்ச் சாய்வாக இருந்தால் கழிக்க வேண்டும்.

(உ) செய்மை முனை (B)க் கம்பத்து அளவைப்பார்த்து கருவியைத் திருத்திவிட்டு, அண்மை முனை (A)க் கம்பத்து அளவைப் பார்த்துச் சோதிக்க வேண்டும்.

தொலைநோக்கி மூலம் பார்த்து, B கம்பத்தின் திருத்தம் சேர்த்த அளவு, திரையின் கிடை நடுவரைக்கு மேலே உள்ளதா எனக் காண வேண்டும். திரைத் திருகு ஒன்றைத் தளர்த்தி, மற்றதை இறுக்குவதன் மூலம் திரையை மேலோ, கீழோ நகர்த்தி திருந்திய அளவின்நேர் நடுவரை வருமாறு செய்ய வேண்டும்.

திருந்திய அளவு நடுவரைக்கு மேலே இருந்தால், திரையை மேலே உயர்த்த வேண்டும். மேல் திருகைத் தளர்த்திக் கொண்டு கீழ்திரையை இறுக்கினுல் திரை மேலேறும். திருந்திய அளவு நடுவரைக்கு கீழே இருந்தால், திரையை இறக்க வேண்டும். கீழ்த் திருகைத் தளர்த்தியபின் மேல் திருகை இருக்க வேண்டும். திரையை நகர்த்தும் போது, எப்போதும் ஒரு பக்கத்துத் திருகைத் தளர்த்திய பின்னரே அடுத்த பக்கத்துத் திருகை இறுக்கவேண்டும். இறுக்கும் திருகை நோக்கிப் படுவரை நகர்ந்திருக்கும்.

(ஊ) அண்மையிலுள்ள முனை A மீதுள்ள கம்பத்து அளவைப் பார்த்து, அதில் இருக்க வேண்டிய திருந்திய அளவு உள்ளதா எனப் பார்க்க வேண்டும். சரியாக இருந்தால் கருவி திருந்திவிட்டது என்று உறுதி செய்யலாம். அன்றி மீண்டும் முதலிலிருந்து திருத்தத்திற்கான வழிமுறைகளைச் செய்ய வேண்டும். கருவி நன்கு திருந்தும் வரை மீண்டும், மீண்டும் செய்ய வேண்டும்.

நான்காம் பத்தியில் கொடுத்த வாய்ப்பாடு வந்த வழி : படம் 294 காண்க. இதில்

$Bm = b_1$ = B யில் பார்த்த அளவு

$An = a_1$ = A யில் பார்த்த அளவு

$Bl = e_1$ = B யில் திருத்தம் சேர்த்த அளவு
(A யின் n மட்டத்திலேயே உள்ளது)

km = பார்த்த அளவு b_1 க்கான திருத்தம்.

pn = பார்த்த அளவு a_1 க்கான திருத்தம்.

Bk = B யில் திருத்தம் சேர்த்த அளவு.

Ap = A யில் திருத்தம் சேர்த்த அளவு.

$O_1B = qk$ = மட்டகியிலிருந்து B முனை உள்ள தூரம் = $D + d$

$O_1A = qp$ = மட்டகியிலிருந்து A முனை உள்ள தூரம் = d

$AB = nl$ = A, B முனைகளின் இடைவெளி = D

இங்கு $lm = Bm - Bl = b_1 - e_1$

$\triangle mqk$, $\triangle mnl$ ஆகியவை ஒரே மாதிரியானவை.

$$\frac{km}{qk} = \frac{lm}{nl}$$

$$\therefore\ km = \frac{D+d}{D}\ (b - e_1)$$

அதேபோல $\triangle nqp$, $\triangle mnl$ அகியவற்றின் ஒற்றுமையிலிருந்து

$$\frac{pn}{qp} = \frac{lm}{nl}$$

$$\therefore\ pn = \frac{d}{D}\ (b_1 - e_1)$$

B யில் திருந்திய அளவு Bk =

$$= Bm - km = b_1 - \left\{\frac{D+d}{D}\,(b_1 - e_1)\right\}$$

Aயில் திருந்திய அளவு Ap =

$$= An - pn = a_1 - \left\{\frac{d}{D}\ (b_1 - e_1)\right\}$$

குறிப்பு : இதில் $(b_1 - e_1)$ என்பதற்குப் பதிலாக $(b_1 \backsim e_1)$ ஒன்று வைத்துக் கொண்டால் எல்லா நிலைமைகளுக்கும் பொருந்தும்

திருந்திய கம்பத்து அளவுக்கான மாற்றுவழி : கம்பத்து அளவுக்கான திருத்தத்தை கோண கணித முறையிலும் கண்டு பிடிக்கலாம். 315 ஆம் படத்தில் பார்வைக் கோட்டின் சாய்வுக் கோணம் λ என வைத்துக் கொள்வோம். A முளையை விட B தாழ்ந்தும் ஏற்றக் கோணம் λ எனவும் வைத்துக் கொள்வோம்.

இதில் $pn = d \tan \lambda$

$km = (D + d) \tan \lambda$

A யில் திருந்திய அளவு $= Ap$

$= An - pn = a_1 - d \tan \lambda$

B யில் திருந்திய அளவு $= Bk$

$= Bm - km = b_1 - (D + d) \tan \lambda$

A, B இவைகளின் அசல் நிலைவெளி

$$\{ (b_1 - \overline{D + d} \tan \lambda) - (a_1 - d \tan \lambda) \}$$

இதை, மட்டகியை A, B இவற்றின் நடுமத்தியில் எடுத்துக் கண்டுபிடித்த அசல் நிலைவெளியுடன் $(b - a)$ சமப்படுத்த வேண்டும்.

$$\therefore \{ (b_1 - D + d \tan \lambda) - (a_1 - a \tan \lambda) \} = b - a$$

இதிலிருந்து $\tan \lambda$ மதிப்பைக் கண்டு கொள்ளலாம். இது கூட்டலாக இருந்தால் ஏற்றக் கோணம்; கழித்தலாக இருந்தால் இறக்கக் கோணம்.

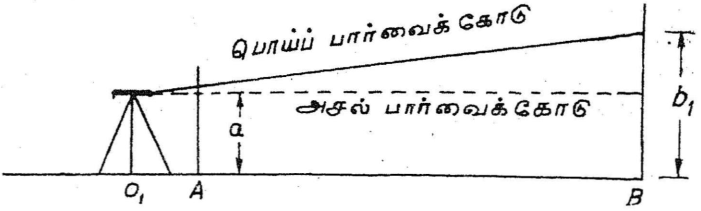
$\tan \lambda$ மதிப்பை முந்தைய வாய்ப்பாடுகளில் ஏற்றி. B கம்பத்து அளவிற்கும், A கம்பத்து அளவிற்கு உள்ள திருத்தத்தைக் கண்டு பிடித்துக் கொள்ள வேண்டும்.

இவ்வாறு திருத்தம் கண்டுபிடித்த பின் முன்னர் கூறிய முறைப்படி B கம்பத்து அளவைப் பார்த்துக் கருவியைத் திருத்திக் கொண்டபின் A கம்பத்து அளவைப் பார்த்து உறுதி செய்து கொள்ள வேண்டும்.

இரண்டாவது முறை : இரண்டு முளை முறையைச் சற்றே சுருக்கிப் பின் கண்டவாறு செய்யப்படுகிறது (படம் 297).

அ & ஆ) இரண்டு முளை முறையின் முதல் இரண்டு வழிகளும் அப்படியே செய்ய வேண்டும்.

(இ) A B ஆகியவற்றின் அசல் நிலைவெளி வேறுபாட்டை ($a \sim b$) கண்டு கொள்க. a பெரிதாக இருந்தால் A ஐ விட B மேடு என்றும், b பெரிதாக இருந்தால் A. மேடும் என்றும் அறியலாம்.



படம் 297

(ஈ) கருவியின் இடத்தை மாற்றி A நிலையத்திற்கு (அல்லது B நிலையத்திற்கு) மிக அருகில் நிறுத்த வேண்டும். கருவியை மட்டப் படுத்திக் கொண்டபின் A, B நிலையங்களின் நிறுத்திய மட்டகைக் கம்பத்தில் அளவுகள் (a_1 & b_1) பார்க்க வேண்டும். அருகில் உள்ள நிலையத்தின் (A) மேல் உள்ள கம்பத்து அளவை பொருள் வில்லை வழியாகப் படிக்கலாம் (a_1) இதுவே A முளைக்கு மேலே கருவி மட்டமும் ஆகும்,

(உ) ஏற்கனவே கண்டு பிடித்த அசல் வேறுபாட்டை ($a \sim d$) இத்துடன் சேர்த்துக் கொண்டால், B கம்பத்தில் தெரிய வேண்டிய அசல் அளவு கிடைக்கும்.

(B யின் மீது இருகக் வேண்டிய அளவு = A யின் மீது கம்பத்து அளவு $\pm$ அசல் வேறுபாடு)

A மேடாக இருந்தால் கூட்டல் குறியும் B மேடாக இருந்தால் கழித்தல் குறியும் பயன்படுத்த வேண்டும்.

(ஊ) தொலைநோக்கி வழியாகக் கிடைத்த அளவு (b_1) கணக்கிட்ட சரியான அளவை ஒத்து இல்லையாயின் பிழை உண்டு. அதைவிட, b_1 பெரிதானால், ஏற்றக் கோணம் என்றும், b_1 சிறியதானால் இறக்கக் கோணம் என்று அறியலாம்.

திருத்தம் : இரண்டு முளை முறையில் கூறியபடியே, திரையை மேலோ, கீழோ நகர்த்திக் கருவியைத் திருத்தவேண்டும்.

மூன்றாவது முறை : எதிரிடை மட்டகையில் கூறிய கொள்கை இங்கு பயன்படுகிறது. அங்கு கூறியதைப் போலவே A, B என்ற இரண்டு நிலையங்களின் அருகில் கருவியை நிறுத்தி அவற்றின் அசல் நிலை வெளியைக் கண்டுபிடித்துக் கொள்ள வேண்டும். இனி, இரண்டாவது முறையில் கூறியபடி, A அல்லது B நிலையத்தின் அருகில் இருக்கும்போது எதிர் நிலையக் கம்பத்தில் இருக்கு வேண்டிய அளவைக் கணக்கிட்டுக் கொள்க. அது, தெரியும் அளவுடன் ஒத்து இருக்க வில்லையானல், திருத்தம் தேவை. இரண்டு மூன முறையில் கூறியபடி கருவியைத் திருத்தலாம்.

கருவிகளைத் திருத்தும் போது கவனிக்க வேண்டிய குறிப்புகள்:

(i) மட்டகைக் கம்பங்களை நட்டமாகப் பிடிக்கவேண்டும்.

(ii) ரசமட்டக் குமிழ் எப்போதும் நடுவிலேயே இருக்க வேண்டும். அளவு படிக்கு முன்னும், பின்னும் குமிழைப்பார்த்து உறுதி செய்து கொள்ளவேண்டும். அவ்வாறில்லையானல் தொலை நோக்கியின் அடியில் உள்ள அடித்திருகைப் பயன்படுத்தி குமிழை நடுவில் கொண்டுவர வெண்டும்.

(iii) கணக்கிடும் அளவுகளை, பார்த்த அளவுகளுடன் ஒப் பிட்டு நிலைமையை அறிய வேண்டும்.

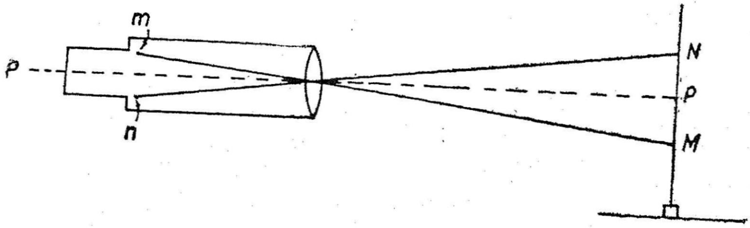
கூக்கின் திருப்பு மட்டகிக்கான திருத்தங்கள் : கூக்கின் திருப்பு மட்டகியின், தொலை நோக்கியை, அதன் குத்தச்சில் சுழற்றவும், எதிரெதிராகத் தலை மாற்றி வைக்கவும் இயலும். அதனல் அதற்கு மூன்று திருத்தங்கள் உண்டு.

முதல் திருத்தம் : பார்வைக் கோட்டைத் தொலைநோக்கி அச்சின் மேல் படிய வைத்தல்,

தேவை : தொலைநோக்கி, அதன் தாங்கியில் இடம் மாறக் கூடியதாகையால், திருப்பி வைக்கும்போது சரியாகப் படியாமல் போய் விடலாம். அப்போது பார்வை அச்சு, அதன் தொலை நோக்கி அச்சில் படியாமல் ஒரு பார்வைக் கோட்டுக் கூம்பு ஏற்படும். ரசமட்டக்கோடு. பார்வைக் கோட்டிற்கு இணையாக இருக்காது. அதனல் இந்தத் திருத்தம் தேவைப்படுகிறது.

சோதனை : (அ) ஒரு வெள்ளைச் சுவரிலிருந்து 60மீ முதல் 90மீ தூரத்தில் கருவியை நிறுத்தி மட்டப்படுத்திக் கொள்க, தொலைநோக்கியைச் சுவரை நோக்கி வைத்திருக்கும்போது, அடித்திருகு ஒன்றின்மீது நிற்குமாறு கருவியை நிறுத்த வேண்டும்.

(ஆ) சுவரை நோக்கித் திருப்பிய, தொலைநோக்கியை நன்கு மட்டப்படுத்திக் கொள்க. தொலைநோக்கியைச் சுவரை நோக்கிக் குவித்துக் கொள்க. திரையின் இரு செங்குத்துக் கோடுகளுக்கு நடுவில் உள்ள படுவரை நேர், சுவரில் ஓர் அடையாளம் செய்து கொள்க. (அல்லது ஒரு மட்டகைக் கம்பத்தைப் பிடிக்கப் பணித்து, அதில் அளவு (a_1) எடுத்துக் கொள்க.



படம் 298

(இ) பிடிப்புத் திருகை இழுத்துவிட்டு, தொலைநோக்கி அச்சில் அதை அரைவட்டம் (180°) சுழற்றுக. இப்போது சுவரை மீண்டும் பார்த்து, பழைய குறி தெரிகிறதா எனப் பார்க்க வேண்டும், பழையகுறி(M) படுவரையின் மீதே தெரிந்தால் கருவியில் பிழை இல்லை. (மட்டகைக் கம்பமாக இருந்தால் பிழை அளவு (a_1) தெரிய வேண்டும்.)

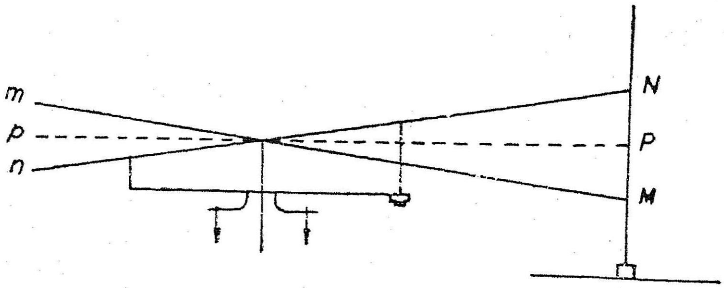
(ஈ) அவ்வாறு இல்லையானால், படுவரையின் மீது புதிய அடையாளம் (N) செய்து கொள்ளக. (அல்லது மட்டகைக் கம்பத்தில் புதிய அளவு a_2 எடுத்துக் கொள்க.)

(உ) MN நீளத்தை அளந்து அதன் நடுப்புள்ளி (P) யைக் குறித்துக் கொள்க. (மட்டகைக் கம்பத்து அளவு a_1, a_2 ஆகியவற்றின் இடைப் புள்ளியைக் கண்டு கொள்க.)

திருத்தம் ; தொலைநோக்கியின் திவரத்திருகுகளை இயக்கி, படுவரை P யின் நேர்வருமாறு செய்க. (அல்லது மட்டகைக் கம்பத்தில் $\frac{a_1 + a_2}{2}$ அளவு வரவேண்டும்.) திரையை இறக்க வேண்டுமானால் கீழ்த் திருகைத் தளர்த்தி, மேல் திருகை இறக்க வேண்டும். ஏற்ற வேண்டுமானால், மேல் திருகைத் தளர்த்திக் கீழ்த்திருகை இறுக்க வேண்டும்.

மீண்டும் இன்னொரு முறை சோதனை நடத்த வேண்டும். கருவி திருந்திவிட்டால் நல்லது. அல்லது திருந்தும் வரை மீண்டும், மீண்டும் செய்ய வேண்டும்.

இரண்டாவது திருத்தம் : பார்வைக் கோட்டை குத்தச்சிற்குச் செங்கோணத்தில் வைத்தல் (படம் 296):



படம் 299

தேவை : பார்வைக் கோடும், ரச மட்டக் கோடும் குத்தச் சிற்குச் செங்கோணத்தில் இருந்தால் தான், ஒரு திசையில் மட்டம் செய்தது எல்லாத் திசைக்கும் பொருந்தும்.

சோதனை : (அ) ஒரு சுவரிலிருந்து 60 முதல் 90 மீட்டர் வரை உள்ள தூரத்தில் கருவியை நிறுத்தி மட்டப் படுத்திக் கொள்க. சுவரில் படுவரை நேர் ஓர் அடையாளம் (*M*) செய்து கொள்க. அல்லது மட்டகைக் கம்பத்தில் அளவு (a_1) எடுத்துக் கொள்க.

(ஆ நிறுத்தத் திருகை எடுத்துவிட்டு, தொலைநோக்கியைக் கையால் தூக்கிக் கொண்டு, அடித்தாங்கியை மட்டும் அரை வட்டம் திருப்பி, அதன் மீது மீண்டும் தொலைநோக்கியை வைத்திடுக.

(இ) மீண்டும் பழைய அளவுக்குறி (*M*) யைப் பார்த்திடுக. படுவரை நேர் *M* இருந்தால் கருவி நல்ல நிலையில் உள்ளது. திருத்தம் தேவையில்லை. (மட்டகைக் கம்பமாக இருந்தால் a_1 அளவு இருக்க வேண்டும்.)

(ஈ) அவ்வாறில்லையானால் புதிய அளவை (*N*) க் குறித்துக் கொள்க. (மட்டகைக் கம்பத்தில் a_1)

(உ) M, N ஆகியவற்றின் இடையில் நடுப்புள்ளி (P) யைக் குறித்துக் கொள்க.

$$\left(\text{மட்டகைக் கம்பத்தில் } \frac{a_1 + a_2}{2} \right)$$

திருத்தம்: அடித்தகடு அல்லது அதன் கைத்திருகுகளை இயக்கி போதிய திருத்தம் சேர்க்கலாம்.

(அ) தாங்கி (socket) யின் அடித்தகடு, அல்லது அதன் கைத் திருகுகளை மேலோ, கீழோ நகர்த்தி, படுவரை P அடையாளத்தின் நேர் வருமாறு செய்ய வேண்டும். (மட்டகைக் கம்பத்தில் $\frac{a_1 + a_2}{2}$ இருக்க வேண்டும்.)

(ஆ) படுவரை மீண்டும் M அடையாளத்தின் (கம்பத்தில் a_1) நேர் வரும்வரை அடித்திருகை இயக்கி சரி செய்ய வேண்டும். இப்போது தொலைநோக்கியை மீண்டும் திருப்பி வைத்து பழைய அளவை நோக்க வேண்டும். படுவரை நேர் M தெரிந்தால் (கம்பத்தில் a_1) தெரிந்தால் கருவி திருந்தி விட்டதென்று பொருள்

இல்லையாயின் இதே செய்முறையை கருவி திருத்தம் வரை செய்ய வேண்டும்.

299 ஆம் படத்தில் Mm முதல் பார்வைக்கோடு, Nn இரண்டாவது பார்வைக்கோடு, Pp அதன் சரியான அமைவு ஆகும்.

மூன்றுவது திருத்தம்: ரசமட்ட அச்சைக் குத்தச்சிற்குச் செங்கோணத்தில் வைத்தல் (படம் 293b)

இதன் சோதனையும், திருத்தமும் டம்பி மட்டகிக்கு முதலில் கூறிய திருத்தத்தைப் போன்றவைதான். கூக்கின் திருப்பு மட்டகிக்கு இத்திருத்தம் இன்றியமையாதது. டம்பி மட்டகிக்கு அது ஒரு கூடுதல் வசதி; அவ்வளவுதான்.

குசிங்கின் மட்டகிக்கான திருத்தங்கள்: குசிங்கின் மட்டகியில், தொலைநோக்கியை அதன் கிடை அச்சில் சுழற்ற முடியாது; தாங்கியிலிருந்து எடுத்து முன்னும் பின்னுமாக திருப்பி வைக்க இயலாது. அதற்குப் பதிலாக கண் வில்லையையும், பொருள் வில்லையையும் இடம் மாற்றி வைக்க இயலும். இதுவே கருவியை 180 பாகை திருப்புவதற்குச் சமமாகும். இதன் அடிப்படைக் கோடுகள் அனைத்தும், கூக்கின் திருப்பு மட்டகியை ஒத்ததே ஆகும். அதனல் திருத்தங்களும், அதற்கான திருத்தங்களையே ஒத்திருக்கும்.

முதல் திருத்தம் : தொலைநோக்கி அச்சும், பார்வைக் கோடும் ஒன்றின் மீதொன்று படிய வைத்தல்.

சோதனையும் திருத்தமும் : கூத்கின் திருப்பு மட்டகிக்குச் செய்த அதே சோதனையும் திருத்தமும் இதற்கும் பொருந்தும். ஒரே ஒரு மாற்றத்தைத் தவிர, கூக்கின் மட்டகியில், தொலைநோக்கியைத் திருப்பி வைக்கிறோம். அதற்குப் பதில் குசிங்கின் மட்டகியில், கண் வில்லையையும், பொருள் வில்லையையும் இடம் மாற்றி வைத்து விடுகிறோம்.

இரண்டாவது திருத்தம் : பார்வைக் கோட்டைக் குத்தச்சிற்குச் செங்குத்தாக அமைத்தல்.

மூன்றாவது திருத்தம் : ரசமட்ட அச்சைக் குத்தச்சிற்குச் செங்குத்தாக அமைத்தல்.

சாய்க்கும் மட்டகிக்கான திருத்தம்

சாய்க்கும் மட்டகியில் தொலைநோக்கியும், ரச மட்டமும் ஒன்றாக இணைத்துப் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். அதனால் இதில் ஒரே திருத்தம்தான்.

சாய்க்கும் மட்டகியில் இருவகை உண்டு. ஒன்று திருப்பி வைக்கக் கூடியது; மற்றது திருப்ப முடியாதது. திருப்பி வைக்கக் கூடிய மட்டகியில் தொலைநோக்கி, ரசமட்டம் இரண்டையும் ஒன்றாக உள்ள உறுப்பை 180° பாகை திருப்பிவைக்க இயலும்.

வாட்சு நிறுவனத்தின் சாய்க்கும் மட்டகிகளுக்கு ''மாறாக் குமிழ்'' ரசமட்டம் பொருத்தப் பட்டிருக்கும். அதனால் குமிழ் நீளம் மாறாது. துல்லியத்திலும் மாற்றம் இருக்காது.

திருத்தம் : குமிழ்க் கோட்டை தொலைநோக்கி அச்சிற்கு இணையாகக் கொண்டு வருதல்:

இது அடிப்படைத் திருத்தங்களுள் ஒன்றாகும்.

திருப்பி வைக்கக் கூடியது

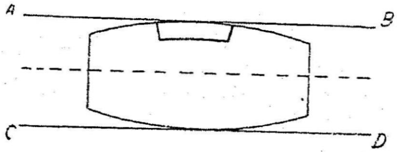
கருவியை நிறுத்தி மட்டப்படுத்திக் கொள்க. 100 மீ தொலைவில் ஒரு மட்டகைக் கம்பத்தை வைத்து அளவு (a_1) படித்துக் கொள்க. தொலைநோக்கியை 100 பாகை திருப்பி வைத்து அளவு படித்து (a_1) கண்டு கொள்க. இரண்டு அளவீடுகளும் ஒன்றாக இருந்தால் கருவியில் பிழை இல்லை.

பிழை இருந்தால் தொலைநோக்கியை முதல் திசையில் திருப்பி வைத்து, அளவு பார்க்க வேண்டும். ரசமட்டத்தைக் கவனிக்காமல் $\left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right)$ மட்டம் வருமாறு, நுண் திருகை (micrometer screw) இயக்க வேண்டும். இப்போது குமிழ் நடுவில் இல்லாத போதிலும் தொலைநோக்கி மட்டமாக உள்ளது. ரசமட்டத்துடன் உள்ள திருகை இயக்கி, குமிழை நடுவில் கொண்டு வரவேண்டும்.

கருவியை மீண்டும் சோதித்துப் பிழை திருந்தும்வரை திரும்பத் திரும்பச் செய்ய வேண்டும்.

திரும்ப வைக்க இயலாது

டம்பி மட்டகிக்குச் செய்த இரண்டு முளை முறையின் படி சோதித்துத் திருத்தம் செய்துகொள்ள வேண்டும்.



படம் 300

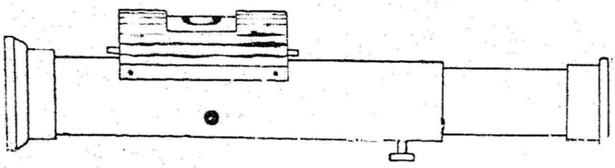
சீசு மட்டகி (Zeiss Level)

சாய்க்கும் மட்டகிகளில் திருப்பி வைக்கக் கூடிய வகைக்குச் சிறந்த எடுத்துக்காட்டு, சீசு மட்டகி ஆகும். இது போன்ற திருப்பு மட்டகிகளின் ரசமட்டக் குழாய் இரு பக்கமும் குவிவளைவுடையதாக இருக்க வேண்டும்.

11. சிறு கருவிகள்

நிமிர் தளத்தில் கோணமளப்பதற்கு பல எளிய சிறியகருவிகள் உள்ளன. அவற்றைக் காணலாம்.

1. கைமட்டகி : மிக்க பயன்தரும் எளிய கருவி கைமட்டகி ஆகும். வட்ட வடிவம் அல்லது கட்டம் உருவில் அமைந்த பார்வைக்குழல் 1 முதல் 10செமீ நீளம் கொண்டிருக்கும்.



படம் 301

அதில் ஒரு முனையல் ஓர் ஊசித்துளை, மறுமுனையில், ஒரு பொன்ம இழை இருக்கும். மேல் பகுதியில் ஒரு ரசமட்டம் பொருத்தி இருக்கும். ரசமட்டத்திற்கு நேர் கீழே 45 பாகையில் ஒரு எதிரொளிக்கும் கண்ணாடி, குழலின் பாதி அகலத்திற்கு மட்டும் இருக்கும். ஊசித்துளை வழியே, பார்க்கும் போது கண்ணாடி வழியே தெரியும் குமிழின் எதிரொளியையும், சேய்மையில் உள்ள பொருளையும் ஒரே வேளையில் பார்க்கலாம். ஊசித் துளையையும், பொன்ம இழையையும் இணைக்கும் கோடு பார்வைக் கோடாகிறது. ரசமட்டத்தின் நடுவில் ஒருகோடு அல்லது கம்பி இருக்கும். குமிழ், கம்பியின் இரு பக்கமும் சமமாக இருக்கும்போது கருவி மட்டமாக இருக்கும். ஒரு கையால் பிடித்துக் கொண்டு, கண்ணால் பார்க்கும் போதே, உள்ளிருக்கும் கண்ணாடியில் தெரியும் குமிழைப் பார்த்தே கருவியை மட்டமாக பிடித்துக் கொள்ள முடியும்.

உளவை, முன்னோடி அளக்கைப் போன்ற தோராய வேலைகள், இடத்தமைவு (topographic) அளக்கையில், ஒருயரிகளை அடையாளம் காணல், சிறிய குறுக்கு வெட்டுகள் எடுத்தல் போன்றவைகளுக்கு இது நன்கு பயன்படும்.

பயன் படுத்தும் விதம்

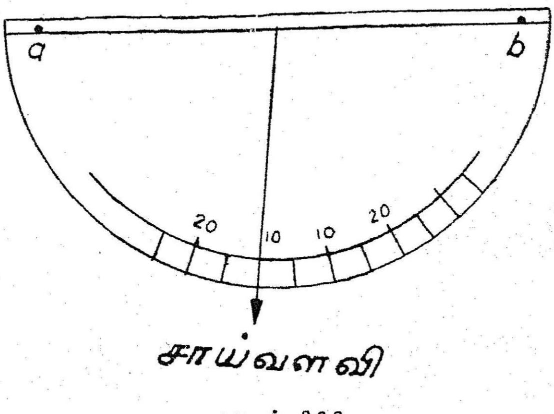
1. கருவியைக் கையால் பிடித்துக் கொள்ளலாம். அல்லது நேர்காண் கம்பு ஒன்றில் சுமார் 1·5 மீ உயரத்தில் வைத்துக் கட்டிக் கொள்ளலாம்.

2. ரசமட்டக் குறுக்கிழை, குமிழில் நடுவில் இருப்பதைக் கண்ணாடியில் காணும் வரை, முன் பக்கத்தை ஏற்றி அல்லது இறக்கிப் பிடித்துக் கொள்க.

3. பொன்ம இழை நேர் தெரியும் மட்டகைக் கம்பத்து அளவைப் படித்துக் கொள்க.

சாய்வளவிகள் : குத்துக் கோணங்கள் அல்லது நிலைக் கோணங்கள் அளக்க, நிலத்தின் வாட்டம் அளக்க, குறிப்பிட்ட வாட்டத்திற்கான புள்ளிகளை அமைத்தல் போன்ற எளிய தோராய வேலைகளுக்குப் பல வகை சாய்வளவிகள் பயன்படுகின்றன.

2. **எளிய சாய்வளவி :** நடுவில் சுழியும் ஓரங்களில் 90 பாகையுமாக அளவு குறிக்கப்பட்ட கோணமானி ஒன்றில் தொங்கவிட்டு அதில் ஓர் எடை கட்டி, எளிய சாய்வளவி அமைக்கலாம்.

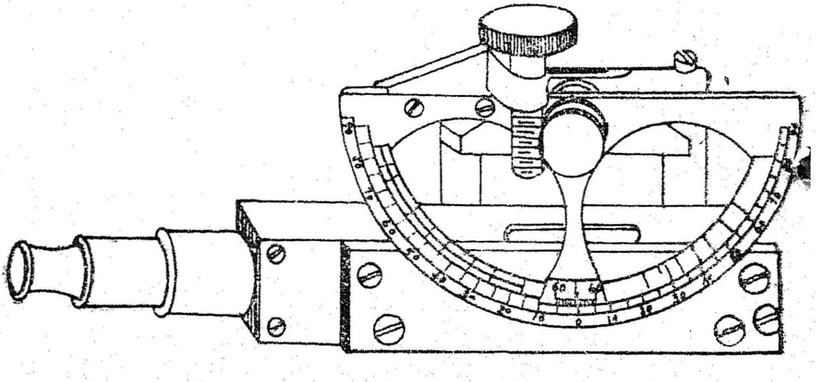


படம் 302

ஒரு சாய்வு நிலத்தின் வாட்டம் காண, பார்க்கும் ஆளின் கண் மட்டத்திற்கு ஒரு நேர்காண் கம்பில் கைக் குட்டையைக் கட்டிக் கொள்ள வேண்டும். செய்மையில் நிறுத்திய அந்நேர்

காண் கம்பின் கைக்குட்டையை, சாய் வளைவின் மேல் மட்டத்தின் வழியே நோக்க வேண்டும். அதே வேளையில் தொங்கும் நூலை, சாய் வளைவியோடு அழுத்திப் பிடித்துக்கொண்டு, எடுத்து கோண அளவு படித்து அறியலாம். இதே போல செய்மைப்பொருள்களின் ஏற்றக் கோணங்களையும் இறக்கக் கோணங்களையும் அறியலாம்.

3. அபினி மட்டகி (படம் 303): அதிகப் புழக்கத்தில் இருக்கும் எளிய சாய்வளவிகளில் அபினி மட்டகியும் ஒன்று. கைக்கு அடக்கமானது, எடையில்லாதது. விரைவான வேலைக்கு வசதியானது. ஏற்றக் கோணம் இறக்கக்கோணம் அளக்க, மலைப் பாங்கான,இடங்களில் குறுக்கு வெட்டுகள் எடுக்க, மேடு பள்ளம் மிகுந்த நிலத்தில் நீட்டல் அளக்கையின்போது, தரைவாட்டம் அறிய இது அதிகமாகப் பயன்படுகிறது.



படம் 303

இதன் முதன்மையான உறுப்புகள் மூன்று

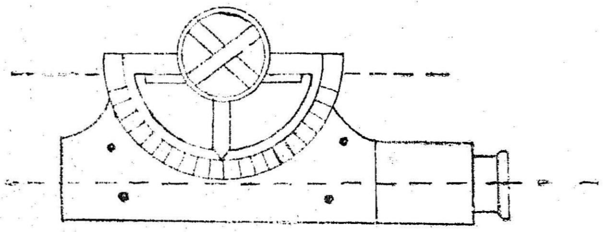
1. கட்ட வடிவக்குழல் ; அதன் ஒரு முனையில் கண்வில்லை அல்லது தொலைநோக்கி; அடுத்த முனையில் ஒரு பொன்மக் கம்பி; நடுவில் குழலின் பாதிக்கு ஒரு கண்ணாடி; அல்லது எதிரொளிக்கும் மளவுக்குப் பளபளப்பாக்கிய தகடு; இதில், மேலுள்ள ரசமட்டக் குழல் எதிரொளித்து, குழலுக்குள்ளேயே குமிழைப் பார்க்க வசதியாக இருக்கும்.

2. ஒரு ரசமட்டக்குழாய்; அதன் நடுவில் ஒரு மையக்கோடு; ரசமட்டத்தோடு இணைந்த ஒரு வெர்னியர் கோல், புரி, திருகு ஏற்பாட்டால் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.

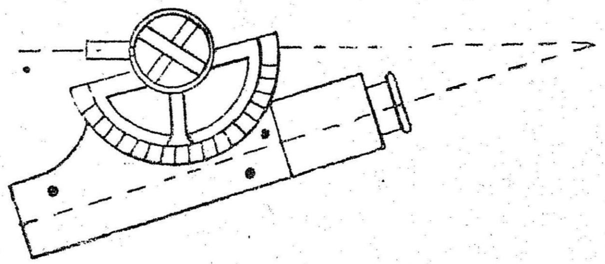
3. ஓர் அரைவட்ட அளவு தட்டு. இதில் வெளிப்பக்கம் நடுவில் சுழியும், இரு ஓரங்களிலும் 90 பாகை வரை கோண அளவுகள் குறிக்கப்பட்டிருக்கும்.

உட்பக்கம் சாய்வுகள் ''இத்தனைக்கு ஒன்று'' என்றபடி குறிக்கப்பட்டிருக்கும். அதனுல் கோணத்தையும் சாய்வையும் ஒருசேர அறிந்து கொள்ளலாம். கோணத்தின் மீது வெர்னியர் நடக்கும். நீட்டித்த வெர்னியர் வகையைச் சேர்ந்தது. 10 நிமிடம் வரை துல்லியம் கிடைக்கும்.

1. நிலைக்கோணம் அளத்தல்: கருவியைக் கையில் கண்ணுக்கு நேர் பிடித்துப் பொருளை நோக்க வேண்டும். அதே சமயம் கண்ணுடியில் எதிரொளிக்கும், ரசமட்டக் குமிழ் நடுக் கோட்டின் இரு பக்கமும் சமமாக வரும் வரை திருகை இயக்க வேண்டும்.



படம் 304a



படம் 304b

பின்னர் கருவியைத் திருப்பி, கோணத்தை வெர்னியரின் உதவியால் அளந்து கொள்ளலாம். தொலைநோக்கி அல்லது பார்க்கும் குழல் எந்தத் திசையில் இருந்தாலும், ரசமட்டம் எப்போதும் கிடைமட்டமாகவே இருக்கும் (படம் 304 a & b).

(2) தரைவாட்டம் அளத்தல்: அளக்கையாளரின் கண் ஒரு நேர்காண் கம்பில், கைக்குட்டையைக் கட்டி அடையாளம் செய்து கொள்ள வேண்டும். சாய்வு நிலத்தின் ஒரு முனையில் நேர்காண் கம்பை நிறுத்தி, மறுமுனையில் நின்று கொண்டு அபினி மட்டகி மூலம் பார்க்க வேண்டும். நேர்காண் கம்பில் கைக்குட்டை தெரியும் போது ரசமட்டக் குமிழ் நடுவில் இருப்பது கண்ணாடியில் தெரியுமாறு திருகை இயக்க வேண்டும். இப்போது ரசமட்டம் கிடை மட்டத்தில் உள்ளது. அரை வட்டத் தட்டில் வாட்டம் அளந்து கொள்ளலாம்.

(3) சாய்வுயரி அமைத்தல்: ஒரே மட்டத்தில் செல்லும் கற்பனைக் கோட்டை, ஒருயரி என்பதுபோல, ஒரு குறிப்பிட்ட சாய்வில் அமையும் கோட்டை சாய்வுயரி (grade contour) எனலாம். மலைச்சாலைகள் அமைக்க சாய்வுயரி பயன்படுகிறது.

மலைச்சாலையின் பெரும வாட்டத்தை, அரைவட்ட அளவு கோலில் முதலில் அமைத்துக் கொள்ள வேண்டும். அளக்கையாளர் தொடங்கும் புள்ளியில் நின்று கொண்டு, தன் கண் உயரம் கைக்குட்டை கட்டப்பட்ட நேர்காண் கம்பை, சுமார் 30 முதல் 40 மீ வரை வசதியான இடத்தில் வைக்கப் பணித்து, கைக்குட்டையை நோக்க வேண்டும். அதே சமயம் கண்ணாடியில், ரசமட்டக் குமிழ் எதிரொலிக்க வேண்டும். அதற்கேற்ப கம்பை மேலும் கீழும் நகர்த்திச் சரியாக்கலாம். அந்த இடத்தில் ஒரு முளை அடித்து அளக்கையாளர் அந்த முளை அடித்த இடத்திற்குச் சென்று நின்று கொண்டு, அடுத்த தூரத்திற்கு இதே முறையில் சாய்வுயரி அமைக்க வேண்டும். சாய்வுயரி அல்லது மலைச்சாலையின் இறுதி வரை இதே முறையில் செயலாற்றி, பணியை முடிக்கலாம்.

அபினி மட்டகிக்கான சோதனை: அபினி மட்டகியைச் சோதிக்க இரண்டு முறைகள் உள்ளன.

முதல்முறை: 1. ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் நின்று கொண்டு கருவி செய்மையில் தெரியும் தெளிவான புள்ளி ஒன்றை நோக்கி, ஏற்றக்கோணம் (θ_1) கண்டு கொள்க. (அல்லது இறக்கக் கோணம் கண்டு கொள்க.)

2. அதே இடத்தில் நின்று கொண்டு, கருவியைத் தலை கீழாகப் பிடித்துக்கொண்டு, மீண்டும் அதே புள்ளியை நோக்கி ஏற்றக் கோணம் (θ_2). (அல்லது இறக்கக் கோணம் கண்டு கொள்க.)

3. θ_1, θ_2 ஆகியவை ஒன்றாக இருந்தால் கருவியில் பிழை இல்லை.

இரண்டாவது முறை : சில கருவிகளைத் தலை கீழாகப் பிடித்தால் ரசமட்டக் குமிழ் கண்ணாடியில் எதிரொளிக்காது. அப்போது முதல் முறை பயன்படாது. அதனால் இரண்டாவது முறை பயன்படுகிறது.

1 நேர்காண் கம்பு ஒன்றில் 1·5 மீ உயரத்தில் ஒரு கைக்குட்டையைக் கட்டி அடையாளம் செய்து கொள்க. அதை சாய்வான தரையில் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் நிறுத்துக.

2. அபினி மட்டகியை இன்னொரு நேர்காண் கம்பில் அதே உயரத்தில் தொங்க விடுக. இன்னொரு இடத்தில் நின்று கொண்டு முதற்கம்பின் அடையாளத்தை நோக்கி ஏற்ற (அல்லது இறக்கக் கோணத்தைக் கண்டுகொள்க (α_1).

3. நேர்காண் கம்பும், அளக்கையாளரும் இடமாறி, இறக்கக் கோணம் அல்லது ஏற்றக் கோணம் கண்டு கொள்க. (α_2)

அபினி மட்டகிக்கான திருத்தம் : (1) α_1 & α_2 சமமாக இல்லையானால், அவற்றின் சராசரி $\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$ காண்க.

(2) இதை கோண அளவுகோலில் அமைத்துக் கொண்டு கம்பின் மீண்டும் பழைய இடத்திலேயே நின்று கொண்டு நேர்காண் கம்பின் அடையாளத்தைப் பார்த்து, ரசமட்டம் கிடைமட்டமாக வருமாறு அதன் திருகுகளை இயக்கி சரி செய்க.

குறிப்பு : 1. சரியான கோணம் $= \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$

2. பிழை $= \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2}$

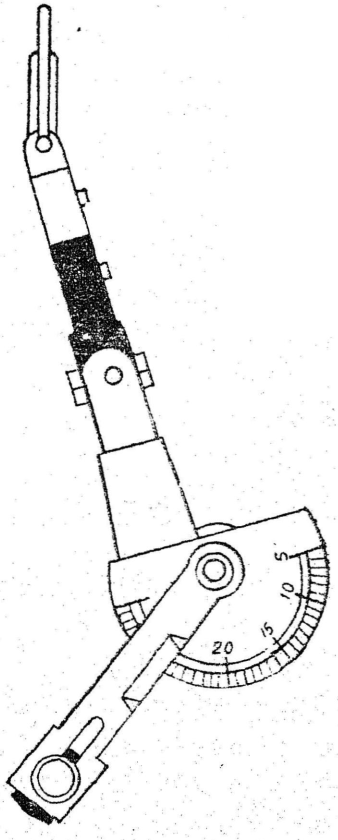
4. டி லைல் சாய்வளவி (படம் 305)

ஏற்ற, இறக்கக் கோணங்களையும், சாய்வையும் அளக்கப் பயன்படும் கருவிகளுள் இதுவும் ஒன்று.

ஒரு வளையத்திலிருந்து தொங்கும் சதுரச் சட்டகத்தின் ஒரு பகுதி மட்டும் கண்ணாடியாக இருக்கும். மறு பக்கத்தில் ஒரு குறியிழை இருக்கும். சதுரத்தின் ஒரு மூலை விட்டப்பகுதி நேராகத் தொங்குமாறு இருக்கும். அதிலிருந்து ஒரு வட்ட வில் தொங்கும். அதில் 1க்கு 50 முதல் 1க்கு 5 வரை வாட்டம் குறிக்கப் பட்டிருக்கும்.

வட்ட வில்லின் மையத்திலிருந்து ஒரு நீட்டிய கரத்தில் எடை பொருத்தப்பட்டிருக்கும். அதை முன்னும் பின்னும் நகர்த்தி, கருவியைச் சாய்க்க இயலும்.

கருவியை இடது கைப் பெருவிரலில் கோர்த்துப் பிடித்துக் கொண்டு, கண்ணுக்கு நேர்கண்ணாடி இருக்குமாறு பிடித்துக் கொண்டு, அளக்க வேண்டிய பொருள் கண்ணாடியில் தெரியும் கண்ணுக்கு நேர் வரை எடையைத் திருப்ப வேண்டும். இப்போது வட்ட வில்லின் முனையில் வாட்டம் பார்த்துக்கொள்ள வேண்டும்.



படம் 305

வாட்டத்திற்கேற்ற கோணத்தை நினைவில் வைத்துக் கொண்டால், ஏற்ற, இறக்கக் கோணங்களைத் தோராயமாக அறிந்து கொள்ளலாம்.

1° என்பது 1 க்கு 60 வாட்டத்திற்குச் சமம்.

2° என்பது 1 க்கு 30 வாட்டத்திற்குச் சமம்.

3° என்பது 1 க்கு 20 வாட்டத்திற்குச் சமம்.

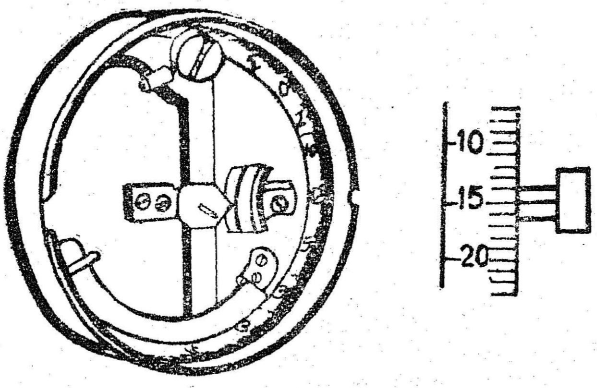
4° என்பது 1 க்கு 15 வாட்டத்திற்குச் சமம்.

5° என்பது 1 க்கு 12 வாட்டத்திற்குச் சமம்.

வாட்டத்தை அளப்பதற்குப் பதிலாக குறிப்பிட்ட வாட்டத்தை நிலத்தில் அமைக்கவும் இக் கருவியைப் பயன்படுத்தலாம்.

5. வாட்கின் கண்ணாடிச் சாய்வளவி

இதை ஆங்கிலத்தில் Service Pattern Clinometer என்றும் அழைப்பர். இது ஒரு வட்டப்பெட்டி ஆகும். அதன் சுற்றில் ஓர் ஊசித் துளையும், அதன் நேர் எதிரில் செவ்வகத் துளையும் உள்ளது. இவற்றை இணைக்கும் கோடு பார்வைக் கோடு ஆகும். நடுவில் உள்ள அச்சிலிருந்து ஒரு வளைவு எடை தொங்குகிறது. அதனோடு ஒரு தங்கத்தாலான அளவு கோல் உள்ளது. அதில் கோணங்கள் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. ஊசித் துளையின் நேர், ஒரு சிறு கண்ணாடி பதிக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் வழியாக எதிரொளிக்கும் தந்த (ivory) அளவுகோலில் அளவு படிக்கலாம். அளவு எடுக்காத போது, எடை நகராமல் பிடித்துக் கொள்ள ஒரு அள் (clamp) உள்ளது (படம் 306 a & b).

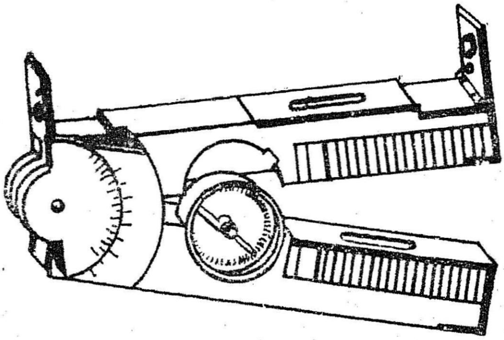


படம் 306

ஊசித்துளை வழியாக, சாய்வு தெரிய வேண்டிய பொருளை நோக்க வேண்டும். பொருளைப் பார்த்துக் கொண்டே கருவியினுள் தெரியும் கண்ணாடியில் தெரியும் அளவு படித்து, ஏற்ற, இறக்கக் கோணங்களை நேரடியாக அறியலாம்.

6. அடிக்கோல் சாய்வளவி (Foot Rule-Clinometer) (படம் 307): வாட்டத்தை அளக்கப் பயன்படும் கருவிகளுள் இதுவும் ஒன்று. இரண்டு கைகள் நடுவில் இணைந்து இருக்கும். இரண்

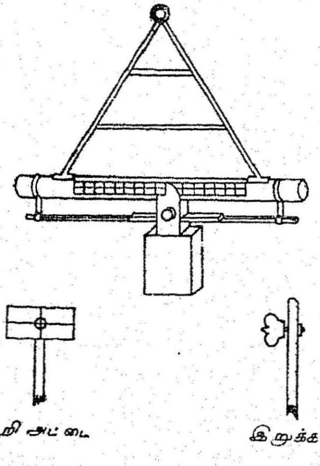
டிலும் ரசமட்டம் பொருந்தியிருக்கும். பார்க்கும் தட்டு (eye plate) பார்வைத் தட்டும் (object plate) உண்டு. இணைப்பில் வாட்டம் குறிக்கப்பட்டிருக்கும்.



படம் 307

சாய்வு நிலத்தில் கீழ்க் கையை வைத்து, மேல் கை மட்டமாக இருக்குமாறு தூக்க வேண்டும். மேல் கையின் ரசமட்டக் குமிழ் நடுவில் இருக்கும்போது, இணைப்பில் உள்ள அளவுக் குறியில் அளவு படித்துக் கொள்ளலாம்.

7. சிலோன் மலை பாதை காட்டி (படம் 308)



படம் 308

மலைகளில் குறிப்பிட்ட வாட்டத்தில் பாதை அமைப்பதற்குப் பயன்படும் கருவிகளில், சிலோன் மலைப்பாதை காட்டி ஆகும். இதில் ஏற்றக்கோணம், இறக்கக் கோணமும் அளக்கலாம்.

ஓர் எடை செங்குத்தாகத் தொங்குகிறது என்ற கொள்கையில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு முக்கோணச் சட்டகத்தின் அடிப்பக்கம் ஒரு பார்வைக்குழல் ஆகும். அதன் ஒரு பக்கம் சிறிய பார்வைத் துளையும், மறுபக்கம் ஒரு பொன்மக் குறுக்கிழையும் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். பார்வைக் குழலில் தட்டையான பகுதி உண்டு. அதில் பல்வேறு வாட்டத்தைக் குறிக்கும் கோடுகள் வரையப்பட்டிருக்கும். பார்வைக் குழலுக்கு இணையாக அதன் அடியில் ஒரு சட்டம் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். அதில் பல் ஏற்பாடு செய்யப்பட்டிருக்கும். அந்தப் பல் ஏற்பாட்டில் மெதுவாகத் திருகு ஏற்பாட்டால் நகரக் கூடிய எடை கோர்க்கப்பட்டிருக்கும். எடையின் மேற்பாகத்தில், பார்வைக் குழலில் உள்ள அளவு குறித்த தட்டையான பகுதியில் உள்ள அளவுகளைக் காட்டும் குறிமுனை இருக்கும். இந்தக் குறிமுனை நேர் உள்ள கோடு நில வாட்டத்தைக் காட்டும்.

செய்முறை : மலைப்பாதையின் பெரும வாட்டம் 1 in 25 என வைத்துக் கொள்வோம்.

1. ஒரு நேர்காண் கம்பில் ஒரு குறிப்பிட்ட உயரத்தில் கருவியை அதற்கென உள்ள ஆணியில் தொங்கவிட்டுக் கொள்ள வேண்டும்.

2. கருவியின் பார்வைக் குழல் மட்டத்தில் குறி அட்டை ஒன்று (படம் 308) இன்னொரு கம்பில் பொருத்திக் கொள்ள வேண்டும்.

3. கருவியின் எடைத் திருகை இயக்கி, 1 க்கு 25 வாட்டத்தைக் காட்டும் கோட்டிற்கு நேர் எடையின் குறிமுனை வருமாறு செய்து கொள்ள வேண்டும். இப்போது பார்வைக் குழல் அந்த வாட்டத்தில் அமைந்துள்ளது.

4. குறி அட்டையை ஓர் உதவியாளரிடம் கொடுத்து சுமார் 30 மீ அல்லது வசதியான தொலைவில் நிற்கப் பணிக்க வேண்டும்.

5. பார்வைக் குழல் வழியே பார்த்து, குறி அட்டையின் நடுப்புள்ளி தெரியுமாறு, உதவியாளரை மேலும் கீழும் நகரப் பணித்து சரியான இடத்திற்கு வந்ததும், ஒரு முளை அடித்துக் கொள்ள வேண்டும்.

இப்போது தொடக்கப் புள்ளிக்கும், குறி அட்டை இடத்திற்கும் வாட்டம் 1 க்கு 25 ஆகும்.

6. இதே போல குறி அட்டை இடத்திலிருந்து அடுத்த புள்ளி கண்டு பிடித்து வேலையைத் தொடர வேண்டும்.

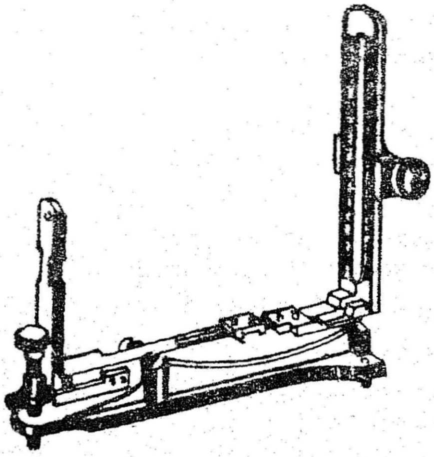
சாய்வை அளத்தல்

1. சாய்வு நிலத்தில் ஒரு முனையில் குறி அட்டையையும், மறு முனையில் கருவியையும் நிறுத்திக் கொள்ளவேண்டும்.

2. கருவியின் பார்வைக் குழல் வழியாகக் குறி அட்டையைப் பார்க்கும் மளவுக்கு எடையின் திருகை இயக்கவேண்டும்.

3. அளவுப் பகுதியில், குறிமுனை நேர் உள்ள அளவைப் படித்தால் வாட்டம் (சாய்வு) கிடைக்கும்.

8. இந்தியச் சாய்வளவு (Indian Pattern Clinometer) (படம் 309): இதை டேஞ்சண்டு சாய்வளவி என்றும் சொல்வர். பெரும்பாலும் சமதள மேசை அளக்கையில் இது பயன்படுகிறது.



படம் 309

பொருள்களின் ஏற்ற, இறக்கக் கோணங்களையும் அதிலிருந்து அவற்றின் மட்டங்களையும் அறியலாம்.

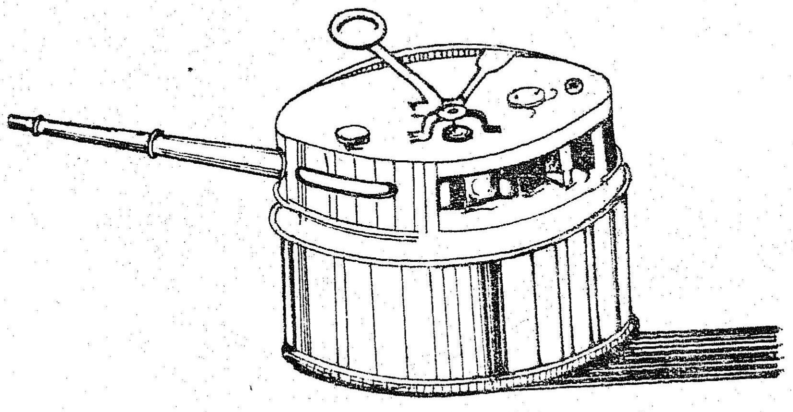
ரசமட்டம் பொருந்திய, 20 செமீ நீளமுள்ள நடுச் சட்டமும், ஒரு பக்கம் 9 செமீ உயரமுள்ள பார்வைத் தகடும், மறுபக்கம் 180 செமீ உயரமுள்ள பொருட்தகடும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன.

அவற்றை மடித்து வைத்துக்கொள்ள கீல் பொருத்தப் பட்டிருக்கும். பொருட் தகட்டின் நடுவில் சுழியும், மேலே ஏற்றக் கோணமும், கீழே இறக்கக் கோணமும் குறிக்கப் பட்டி ருக்கும். அதற்கு இணையான இயல்பு டேஞ்செண்டுகளும் குறிக்கப்பட்டிருக்கும். அதனாலேயே இதை டேஞ்செண்ட் சாய் வளவி என்றும் சொல்லப்படுகிறது. பொருட் தகட்டில் மேலும் கீழும் நகரும் வண்ணம் ஒரு குறுக்கிழை இருக்கும்.

கருவியை சமதள மேசையின் மீது வைத்து, ரசமட்டக் குமிழ் நடுவில் வருமாறு மேசையை மட்டப்படுத்திக் கொள்ள வேண்டும். பார்வைத் தகட்டின் துளை மூலம், பொருட் தகட்டின் வழியாகப் பொருளைப் பார்த்துக் கொண்டே குறுக்கிழையை அதன் நேர் கொண்டு வந்து நிறுத்த வேண்டும். குறுக்கிழை நேர் உள்ள கோணத்தையோ, டேஞ்செண்ட் அளவையோ படித்துக் கொள்ள லாம். பொருள் தொலைவை நாடாவால் அளந்து கொண்டால் அதன் மட்டத்தை எளிதில் கணக்கிடலாம்.

9. பெட்டிக் கடற்கோணமானி (Box Sextant) :

கடலோடிகள் கோணமாகப் பயன்படுத்தும் கருவி கடற் கோணமானி ஆகும். அதன் பெரிதான முக்கோணச் சட்டத்தில், தொலைநோக்கிகள் பொருத்தும் ஏற்பாட்டுடன் இருக்கும். பகலில் சூரியனையும், இரவில் விண் மீன்களையும் கண்டு நேரமும், திசையும் அறிய அவை பயன்பட்டன.

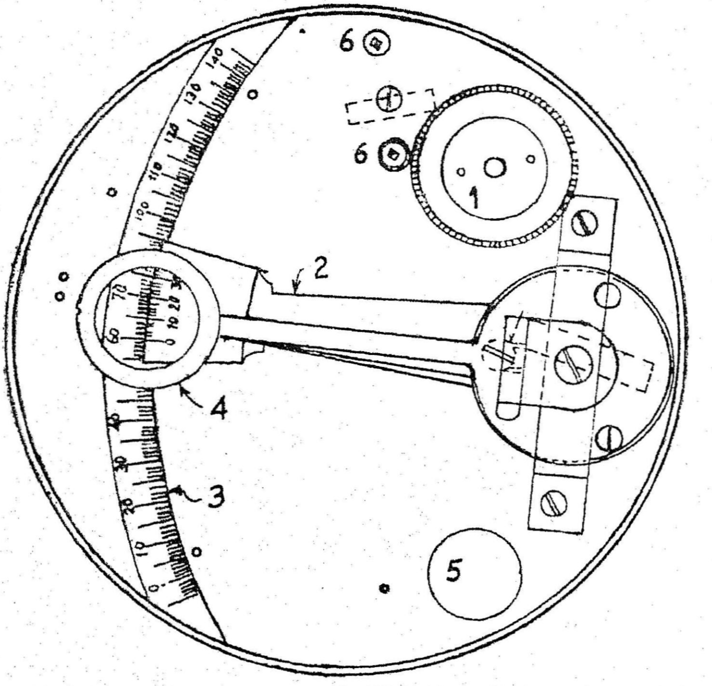


படம் 310

அதன் கொள்கையைப் பயன்படுத்திக் கையடக்கமாகவட்டப் பெட்டியாகத் தயாரித்து நில அளக்கையில் பயன்படுத்துவர். அதனால் இது பெட்டிக் கடற் கோணமானி எனப்பட்டது.

இது கடலில் பயன்படுவதில்லை. இப்பெட்டி 4 செமீ தடிப்பும், 7 செமீ விட்டமுள்ள கைப்பிடியுடன் கூடிய கருவி ஆகும் (படம் 310). கண்ணாடிச் செங்கோணளவியைப் போன்ற கண்ணாடியின் அரைப் பகுதி ரசம் பூசியும், மறு பகுதி ஊடுருவிப் பார்க்கும் வகையில் அமைந்துள்ளது. கிடை ஆடியும், முழுதும் ரசம் பூசிய குறி ஆடியும் கொண்டது. கண்ணாடிச் செங்கோணளவியில் குறி ஆடி அசையாமல் 90° பாகை மட்டும் அளக்கும் வகையில் அமைந்துள்ளது. ஆனால் பெட்டிக் கடற்கோணமானியில் குறி ஆடியையும் திருகின் மூலம் நகர்த்தி 120° பாகைக்குட்பட்ட எல்லாக் கோணங்களையும் அளக்கலாம். அளவுகோலுக்கு வெர்னியரும் பூதக் கண்ணாடியும் பொருத்தப்பட்டு, ஒரு நிமிடம் வரை துல்லியமாகக் கோணங்களை அளக்க வசதி செய்யப்பட்டுள்ளது.

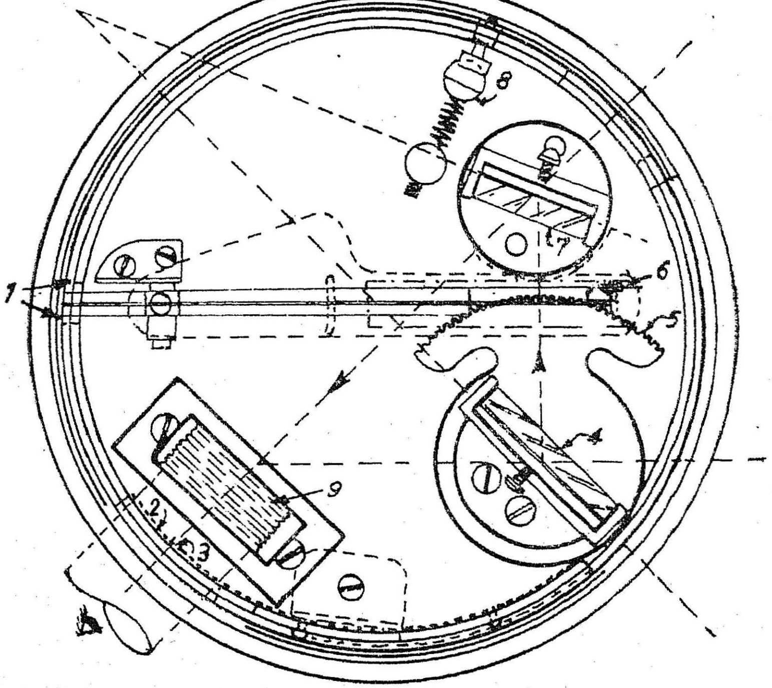
கருவியின் வெளித் தோற்றம் (படம் 311)



படம் 311

1. பல்திருகு (குறி ஆடியைத் திருப்புவதற்கு)
2. வெர்னியர் உள்ளகரம்
3. வட்ட அளவு கோல
4. பூதக் கண்ணாடி (அளவு படிப்பதற்கு)
5. குறி ஆடியைத் திருத்துவதற்கான திருகு
6. கிடை ஆடியைத் திருத்தும் திருகு

கருவியின் உள்ளமைப்பு (படம் 312)

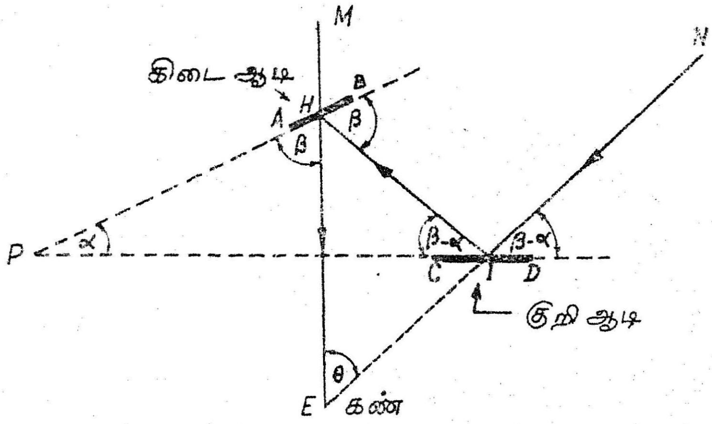


படம் 312

1. வண்ணக் கண்ணுடிகளைத் திருப்புவதற்கான கம்பிகள்
2. நகர் நகடு
3. பார்வைத்துளை
4. குறி ஆடி
5. பல் வட்டம்
6. புரித்தண்டு
7. கிடை ஆடி
8. குறி ஆடியின் திருத்தத்திற்கான திருகு
9. தொலைநோக்கி பொருத்துவதற்கான பிடிப்பி

கருவியின் கொள்கை

பெட்டிக் கடற்கோணமானி, கண்ணுடிச் செங்கோணளவியின் கொள்கையிலேயே அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அதாவது, இரண்டு கண்ணுடிகளில் எதிரொளித்துவரும் கதிர், தன் பாதையில் ஆடிகளின் இடைக்கோணத்தைப் போல இரண்டு மடங்கு விலகி இருக்கும்.



படம் 313

படத்தில் AB = கிடை ஆடி, CD = குறி ஆடி.
இவற்றின் இடைக்கோணம் = λ.
கிடை ஆடியின் ரசம் பூசாத கீழ்ப்பகுதி வழியாக M என்ற பொருள் தெரிகிறது. N என்ற பொருளிலிருந்து வரும் கதிர், குறி ஆடியிலும் கிடை ஆடியின் மேற் பகுதியிலும் பட்டு இரண்டு தடவை எதிரொளித்துக் கண்ணை வந்து அடைகிறது. படத்திலிருந்து $\theta = Z\lambda$ என்பதை எளிதில் அறியலாம்.

கிடைக்கோணம் அளத்தல்: ஒரு நிலையத்தில் நின்று கொண்டு, கருவியை கண் மட்டத்தில் பிடித்துக் கொள்க. கண் துளை வழியாகவும் கிடை ஆடியின் ரசம் பூசாப் பகுதியின் வழியாகவும் இடது பக்கத்துப் பொருளை நோக்குக. பல் திருகை மெல்ல இயக்கி, வலது பக்கத்துப் பொருளின் உருவம், கிடை ஆடியின் ரசம் பூசிய மேற் பகுதியில் எதிரொளித்துக் கண்ணில் படச் செய்க. இடது பக்கப் பொருளின் நேர் உருவமும், வலது பக்கத்துப் பொருளின் எதிரொளித்த உருவமும் ஒன்றின் மேலொன்றாகத் தெரியும் போது கருவியில் கோணம் படித்துக் கொள்க. வெர்னியர் மூலம் துல்லியமாகக் கோணம் படிக்கலாம்.

கருவியில் 120 பாகை வரை அளவுகள் இருந்தாலும், 100 பாகைக்கு மேல் உருவங்கள் மங்கலாகிவிடும். அதனால் 100 பாகைக்கு மேற்பட்ட கோணங்களை அளக்க, இடைக் கோணத்தை இரண்டாகப் பகிர்ந்து கொண்டு, நடுவில் தெளிவாகத் தெரியும். ஒரு புள்ளியை இடைப் பொருளாக எடுத்துக் கொண்டு அவற்றைத் தனித்தனியே அளந்து கூட்டிக் கொள்ளலாம்.

நிலைக்கோணம் அளத்தல்: கருவியை நிலைத்தளத்தில் தொங்குவதுபோலப் பிடித்துக் கொள்ள வேண்டும். ஒரு நேர் காண் கம்பில் கண் மட்டத்தில் ஓர் அடையாளம் செய்து கொள்ள வேண்டும். அதை ஓர் அடையாளமாக வைத்துக் கொண்டு, அதை நேராகவும், பொருளின் உருவத்தை எதிரொளி யிலும் கண்டு நிலைக்கோணம் அளக்கலாம்.

குறிப்பிட்ட இடைக்கோணத்தில் பொருட்களை அமைத்தல்: கருவியின் அளவுகோலில் தேவைப்பட்ட இடைக் கோணத்தை அமைத்துக் கொள்க. ஒரு நேர்காண் கம்பை நிலையான புள்ளியில் நட்டுக் கொள்க. நிலையத்தில் இந்தக் கம்பு நேராகத் தெரியுமாறு கருவியைப் பிடித்துக் கொள்க. உதவியாளரிடம் இன்னொரு கம்பைக் கொடுத்து, அக்கம்பின் உருவம், கிடை ஆடியின் மேற் பகுதியில் எதிரொளித்து முதல் கம்பிற்கு நேராகத் தெரியும் இடத்தில் நிறுத்தப் பணித்திடுக. இப்போது இவ்விரண்டு கம்பு களும் குறிப்பிட்ட கோணத்தில் அமைந்திருக்கும்.

சில நடைமுறைக் குறிப்புகள்

1. இரண்டு பொருட்களில், அருகில் இருப்பதை நேராகவும், சேய்மைப் பொருளை எதிரொளியிலும் பார்த்தல் நல்லது.

2. எதிரொளிப் பொருள் இடது பக்கம் இருந்தால் கருவியை நேராகவும், வலது பக்கம் இருந்தால் தலை கீழாகவும் பிடித்து அளக்க வேண்டும்.

3. வெளிச்சம் நிறைந்த பொருளை, எதிரொளியில் பார்த்தல் நல்லது. அதற்கேற்ப கருவியை நேராகவோ, தலை கீழாகவோ பிடித்துக் கொள்ளலாம்.

4. இரண்டு பொருள்களும் வெவ்வேறு உயரத்தில் இருந்தால் கருவியைச் சாய்த்து நிலை இடைக் கோணம் அளக்கலாம்.

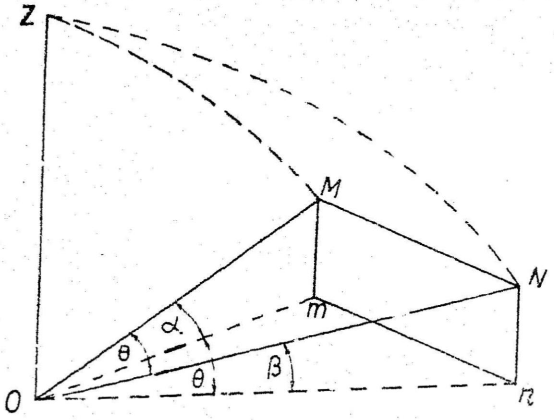
சாய்வுக் கோணத்தைக் கிடைக்கோணமாக மாற்றுதல்

இடைக்கோணம் காண வேண்டிய இரு பொருட்களும் வேறு, வேறு இடங்களில் வேறு,வேறு உயரங்களில் இருக்கலாம். அவை அமைந்துள்ள சாய்தளக் கோணத்தை அளந்து கொண்டு, அதிலிருந்து கிடைக்கோணத்தை கண்டு, வரைபடத்தில் குறிக்க லாம்.

314 ஆம் படத்தில் O = நிலையம்

M & N = பொருட்கள்

Z = நிலையத்தின் உச்சி



படம் 314

$\angle MON = \theta$ = பார்த்த சாய்வுக் கோணம்

$\angle MOm = \alpha$ = O வில் M இன் நிலைக்கோணம்

$\angle MOn = \beta$ = O வில் M இன் நிலைக்கோணம்

$\angle mOn = \phi$ = சாய்வுக் கோணம் θவின் கிடைக்கூறு

MZN கோளகோணம் = $mOn = \phi$

ZMN கோள முக்கோணத்தில்

$ZM = z_1$ = M இன் உச்சித்தூரம் = $90^\circ - \alpha$

$ZN = z_2$ = N இன் உச்சித்தூரம் = $90^\circ = B$

$MN = \theta$

s = கோண முக்கோணப் பக்கங்களின் கூட்டுத் தொகையில் பாதி.

$= \frac{1}{2}(ZM + ZN + MN) = \frac{1}{2}(z_1 + z_2 + \theta)$

$= \frac{1}{2}[(90^\circ - \alpha) + (90^\circ - B) + \theta]$

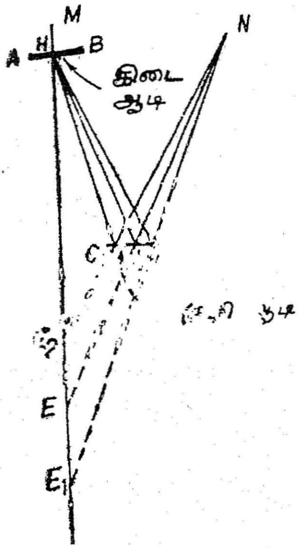
$$\therefore \quad \sin\frac{\phi}{2} = \sqrt{\left\{\frac{\sin(s-z_1)\sin(s-z_2)}{\sin z_1 \sin z_2}\right\}}$$

$$\tan\frac{\phi}{2} = \sqrt{\left\{\frac{\sin z_1 (s-z_1)\sin(s-z_2)}{\sin s \sin(s-\theta)}\right\}}$$

$$\cos\phi = \frac{\cos\theta - \cos z_1 \cos z_2}{\sin z_1 \sin z_2}$$

இந்த வாய்ப்பாடுகளிலிருந்து கிடைக்கோணம் (ϕ) கிடைக்கின்றது.

இடமாறு தோற்றப் பிழை (Parallax)



படம் 315

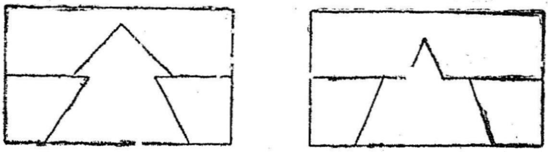
கருவியின் கொள்கைப்படி N இன் எதிரொளிக் கதிரும், M இன் நேர் கதிரும் சந்திக்கும் இடத்தில் (E) கண் இருக்கவேண்டும். அவ்வாறின்றி E_1 & E_2 போலத் தள்ளி இருந்துவிட்டால் இடமாறு தோற்றப் பிழை ஏற்படும். பிழைக்கோணம் ($E_1 NE$ அல்லது $E_2 NE$) N இன் தொலைவுக்கு எதிர் விகிதத்தில் இருக்கும். அதன் மதிப்பு $\frac{EE_1}{NE}$ அல்லது $\frac{EE_2}{NE}$ ரேடியன்களாகும்.

தொன்னூறு மீட்டர் தள்ளியிருக்கும் பொருளைப் பார்க்கும் போது, கண் 2·5 செமீ தள்ளியிருந்தால் தோராயமாகப் பிழை 1 நிமிடம் இருக்கும். அதுவே 30 மீட்டரானால், பிழை 3 பாகை ஆகிவிடும். 1700 மீட்டருக்கு 3 நொடிதான் இருக்கும். கண், நிலையத்தின் மேல் இல்லாமல் விலகி இருந்தாலும் பிழை ஏற்படும். இப்பிழைகளைக் குறைப்பதற்காகவே சேய்மையில் உள்ள பொருள் எதிரொளியில் பார்க்கப்படுகிறது.

உறுதிப்பாடும் திருத்தமும்: கருவியில் (1) நிலை விலக்கம், (2) கிடை விலக்கம் என்ற இருவகைப்பிழைகள் ஏற்படலாம்.

1. நிலைவிலக்கம்: கருவியில் கிடை ஆடி செங்குத்தாக இல்லாவிட்டால் இப்பிழை ஏற்படும். தொலைவில் உள்ள கோபுரம் அல்லது சூரியனை நோக்குக. கருவியை சுழியில் அமைத்துக் கொள்க. கோபுரத்தின் உருவம், ரசம் பூசாக் கீழ்ப் பகுதியிலும்,

எதிரொளிக்கும் மேற்பகுதியிலும் வெட்டுப் படாமல் நேராகத் தெரிந்தால் கருவியில் பிழை இல்லை. படத்தில் (316 *a* & *b*) காட்டியதுபோல நீண்டோ குறுகியோ தெரிந்தால் பிழை உண்டு.

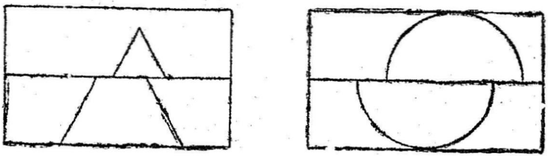


நிலை விலக்கம

படம் 316

கிடை ஆடியை நகர்த்துவதற்காக மூடியின்மேல் உள்ள திருகை இயக்கி, அதைச் செங்குத்தாக்கினால் பிழை திருந்தி விடும்.

2. கிடை விலக்கம் : இரண்டு ஆடிகளும் இணையாக இல்லா விட்டால் இப்பிழை நேரலாம்.



கிடை விலக்கம்

படம் 317*a* & 317*b*

கிடை விலக்கம் உள்ள கருவியில் உருவங்கள் வெட்டப்பட்டுப் பக்கவாட்டில் (317 *a*, *b* படத்தில் காட்டியதுபோல) விலகி இருக்கும்.

கருவியின் பக்கவாட்டில் உள்ள திருகை இயக்கி, குறி ஆடியைக் கிடை ஆடிக்கு இணையாக வரச் செய்யலாம்.

தொடக்கப் பிழை (Index Error)

கிடை விலக்கம் இருக்கும்போது, கருவியில் சுழி இருக்கும் போதுகூட, உருவம் வெட்டில்லாமல் ஒன்றாகத் தெரியாது. கிடை விலக்கத்திற்கான திருத்தம் செய்வதற்குப் பதிலாக, பல் திருகை இயக்கி, உருவம் ஒன்றாகத் தெரியுமாறு செய்து கொள்ளலாம். அப்போது வெர்னியரில் அளவு படித்து அதைத் தொடக்கப் பிழையாக எடுத்துக் கொள்ளலாம். அதைப் பின்னர் எடுக்கும் எல்லா அளவுகளுடனும், கூட்டி அல்லது குறைத்துக் கொள்ளலாம். சுழிக்கு வெளியே இருந்தால் கூட்ட வேண்டும். அளவுக்குள் இருந்தால் கழிக்க வேண்டும்.

12. வரைபடப் பெருக்கமும் சுருக்கமும்

அளக்கையின் போது எடுக்கப்படும் களக் குறிப்புகளிலிருந்து தரைப்படங்கள் வரையப்படுகின்றன. தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட வரைவளவில் படம் வரையப்படுகின்றன. சில வேளைகளில் அதே படம், சற்றே பெரிய வரைவளவில் அல்லது இன்னும் சிறிய வரைவளவில் தேவைப்படும்.

களக் குறிப்புகளிலிருந்தே, மீண்டும் தேவைப்படும் வரை வளவில் வரைந்து கொள்வதே சிறந்த முறை. அதனால் ஒரு தடவை வரைந்ததில் வந்த பிழையே மீண்டும் வராது. உருப் பெருக்கத்தால் பிழையும் பெரிதாகும். ஆனால் இது சற்றே தொல்லையானது. அளக்கைப் புலமை உள்ளவரோ, அல்லது அளக்கை செய்தவரோ, மீண்டும் தேவைப்படுவர். எளிய வரை வர்களால் (tracer) செய்ய இயலாது. களக் குறிப்புகள் காணமல் போய் விட்டாலும் செய்ய இயலாது.

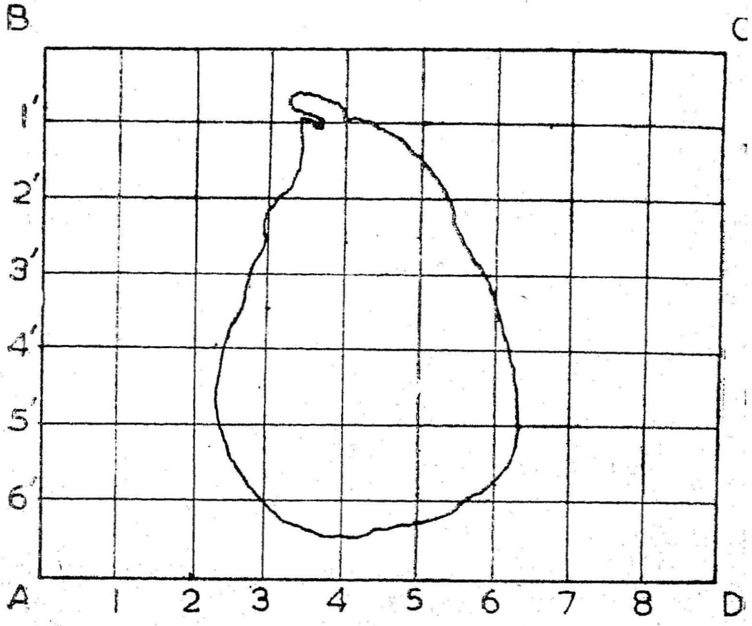
உருப் பெருக்கத்திற்கும் சுருக்கத்திற்கும் மூன்று வழிகள் உள்ளன.

1. வரைவு முறை
2. எந்திர முறை
3. ஒளி வரைவு முறை

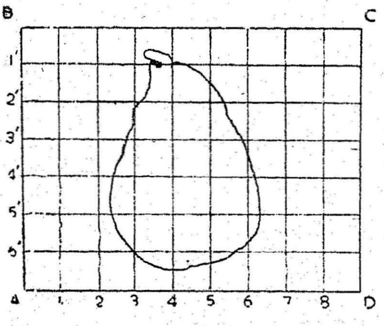
(அ) வரைவு முறை : கட்டம் கட்டிப் பெருக்குதல், அல்லது சுருக்குதல்.

ஓவிய வகுப்புகளில் இந்த முறையில் பயிற்சி அளித்திருப் பார்கள். வரை படத்திற்கும் இந்த முறை ஓரளவு தகுதியானதே ஆகும். ஒரு படத்தைப் பெரிதாக்க வேண்டுமென வைத்துக் கொள்வோம்.

படத்தின்மீது *H* பென்சிலால் 1 செமீ இடைவெளியில் நெடுக வும், குறுக்காகவும் கோடுகள், சன்னமாக வரைந்து கொள்க.



படம் 318



படம் 319

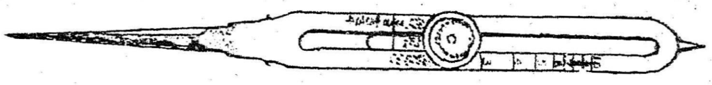
இக்கோடுகள் பின்னர் அழித்துவிடக் கூடுமளவுக்கு மென்மையாக இருத்தல் நல்லது. அல்லது படத்தின் ஒரு கண்ணாடித்தாள், குண்டூசியால் இணைத்து அதன் மீது கோடுகள் வரைந்து கொள்ள லாம். கோடுகளுக்கு அடையாள எண்கள் இட்டுக் கொள்க.

தேவைப்படும் அளவுக்குப் பெரிய கட்டங்களாக இன்னொரு புதிய வரைதாளில் நெடுங்கோடுகளும், குறுக்குக் கோடுகளும் வரைந்து கொண்டு, அதிலும் முந்திய கட்டங்களைப் போலவே எண்களிட்டுக் கொள்க.

படத்தின் கோடுகள் ஒவ்வொரு நெடுங்கோட்டையும், குறுக்குக் கோட்டையும் எங்கெங்கு வெட்டுகிறதோ அந்தந்த கட்டங்களின் பக்கங்களில், வெட்டும் நீளத்தைக் குறித்துக் கொள்க.

பெரிய படத்தின் கட்டங்களின் பக்கங்களில், இந்த நீளங்களை விகிதப்படி பெரிதாக்கி, இணையான வெட்டுப் புள்ளிகளைக் குறித்துக் கொள்க. நீளங்களை விகிதப்படி பெரிதாக்குவதற்கு, கணக்கீடுகள் இல்லாமல் அளந்து வைப்பதற்கு உள்ள கருவி விகித வட்டகி (Proportional Compasses) எனப்படும்.

அந்த வெட்டுப் புள்ளிகளை, மூலப் படத்தைப் பார்த்துக் கொண்டு, அதைப்போலவே, தொடர்ச்சியான புள்ளிகளை இணைத்து, முழுப்படம் உருவாக்கிக் கொள்க. இறுதியில் குறுக்குக்



படம் 320

கோடுகளையும், நெடுங்கோடுகளையும் அழித்து விட்டு, படத்தை மட்டும் விளம்பிக் கொள்க.

விகித வட்டகி : இரண்டு முனையும் கூராகவும், நடுவில் துளை உள்ளதாகவும் உள்ள இரண்டு பித்தளைக் கரங்கள் நடுவில் ஒரு திருகால் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். துளைகளின் நடுவே, திருகு நகரக்கூடியது. திருகோடு இணைக்கப்பட்ட நகரியில் அளவுக்குறி ஒன்று இருக்கும். ஒரு கரத்தில், $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$ போன்ற விகிதங்கள் இடது பக்கத்திலும், வலது பக்கத்தில், 2, 3, 4 போன்ற வரைவளவு எண்களும் குறிக்கப்பட்டிருக்கும்.

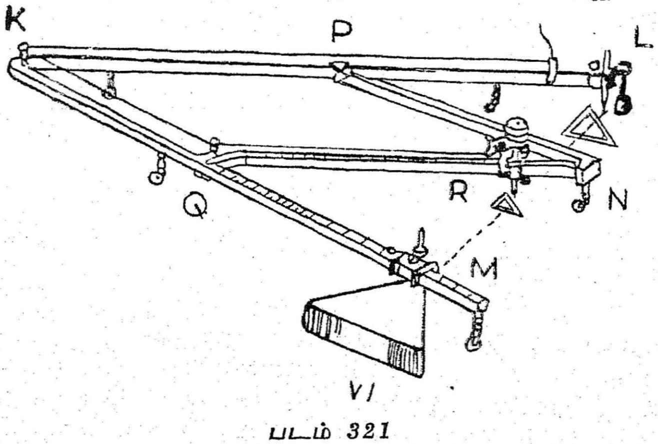
இரண்டு கரங்களையும் ஒன்றாக்கி, நடுத்திருகைத் தளர்த்திக் கொள்ளவேண்டும். விகித எண்களுக்கான (சான்றாக 3) கோட்டின் நேர் நகரியில் உள்ள அடையாளக் குறி வருமாறு செய்து கொண்டு திருகை இறுக்கிக் கொள்ள வேண்டும். இப்போது

கருவியை விரித்துக் கொள்ளலாம். கருவியின் ஒரு முனையிலுள்ள அகலத்திற்கேற்ப மறுமுனை (மும்மடங்கு) அகண்டிருக்கும் அல்லது குறுகியிருக்கும்.

உருப்பெருக்கத்திற்கு, மூலப்படத்தில் சிறு முனையில் அளவு எடுத்து, பெருமுனை அளவைப் புதிய படத்தில் குறிக்க வேண்டும். மாறாகச் சுருக்கத்திற்கு, மூலப்படத்தில் பெருமுனையில் அளவெடுத்து, சிறுமுனை அளவைப் புதிய படத்தில் குறிக்க வேண்டும்.

எந்திர முறை : வரைவு முறையில் புள்ளிகளுக்கு இடையில் வரும் கோடுகளைக் கண்ணால் பார்த்து வரைகிறோம். அதனால் அவை தோராயமாக இருக்குமே அன்றி, அச்சாக அப்படியே இருக்க முடியாது. அதனால் மூலத்தினின்றும் பிசகாமல் உருமாற்ற சில கருவிகள் உள்ளன.

இணைகரப் பெருக்கி (Pantagraph) (படம் 321): இதன் உருவம் இணைகர வடிவத்தில் அமைந்துள்ளதால் இதனை இணைகரப் பெருக்கி எனலாம். இதில் *KM*, *KL* என்ற நீண்ட சட்டங்கள் இரண்டும், *PN* *QN*, என்ற சிறிய சட்டங்கள். இரண்டும்



படம் 321

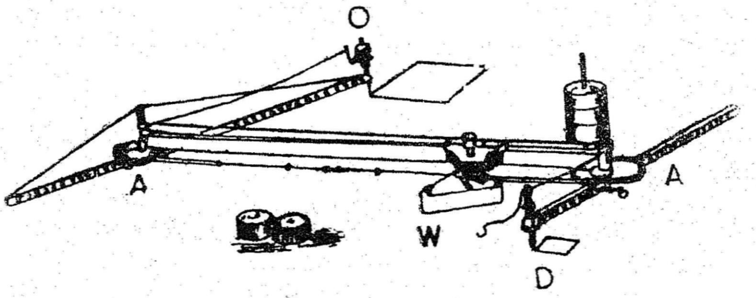
இணைந்துள்ளன. *KPNQ* ஓர் இணைகர வடிவில் உள்ளது எல்லா இணைப்புகள் எளிதில் விரிந்து, மடியும் வண்ணம் கீல்களால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இதில் *QM* சட்டத்தில் ஒரு முக்கோண எடை அமைந்துள்ளது. இதுவே கருவியின் நகராத அச்சு (fulcrum) ஆகும். *QN* சட்டத்தில் பென்சில் பொருந்தும் இடம் உள்ளது. *QM* சட்டத்திலும் *QN* சட்டத்திலும் $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$ போன்ற அளவு குறிகள் உள்ளன. உருச்சுருக்கம் எந்த விகிதத்தில் இருக்க வேண்டுமோ, அதற்கேற்ப எடையையும், பென்சிலையும் அமைக்க இந்த அளவுகள் பயன்படுகின்றன.

L முனையில், மூலப்படத்தின் மேல் நகரக் கூடிய நடைமுனை இருக்கும். கருவியை குறிப்பிட்ட உரு மாற்றத்திற்கு அமைத்ததும், அச்சு, பென்சில், நடைமுனை மூன்றும் ஒரே நேர் கோட்டில் அமையும். படத்தைப் பெரிதாக்க வேண்டுமானால், பென்சில் L முனையிலும், நடைமுனை QN சட்டத்திலும் இருக்க வேண்டும். படத்தைச் சிறிதாக்க வேண்டுமானால் நடைமுனை L முனையிலும், பென்சில் QN சட்டத்திலும் இருக்க வேண்டும். கருவியில் பென்சிலுக்கும், நடை முனைக்கும் ஒரு கயிறு இணைப்பு உண்டு. கோடு இல்லாமல் நடை முனையைத் தூக்கி வைக்கும் போது, பென்சிலையும் தூக்கிக் கொள்ள இந்தக் கயிற்றிணைப்பு பயன்படுகிறது.

எடை KM சட்டத்திலும், பென்சில் QN சட்டத்திலும் இருந்தால் நேரான படம் கிடைக்கும். அவை இடம் மாறி இருந்தால், இடவல மாறிய படம் கிடைக்கும்.

கருவி எளிதாக வரைதாளின் மேல் நகரும் பொருட்டு ஐந்து சக்கரங்கள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. மொத்தம் நான்கு இணைப்புகள் உள்ளன. அச்சுமுனை (fulcrum) யில் உள்ள எடை மட்டும் நகராமல் உள்ளது. இணைப்புகளும் சக்கரங்களும் அதிகமாக உள்ளதால் கருவியில் நடுக்கம் இருக்கும். அதனால் பெருக்கும் உருவங்கள் சரியாக அமையா. சுருக்கும் உருவங்கள் நன்கு அமையும்.

இணைப் பெருக்கி (Eidograph) (படம் 322): இதில் நடைமுனை உள்ள கரமும், பென்சில் உள்ள கரமும் எப்போதும் ஒன்றுக்



படம் 322

கொன்று இணையாக இருக்கும். இணையாக இருக்க வேண்டும். அதனால் இதை இணைப்பெருக்கி எனலாம்.

இணைகரப் பெருக்கியை விட இது சற்றே கெட்டித் தன்மை உள்ளது. இதைக் கண்டு பிடித்தவர் பேராசிரியர் வேலஸ் ஆவார். இதில் மூன்றே இணைப்புகளும், ஒரே ஒரு தாங்கலும் உள்ளன. இணைகரப் பெருக்கியை விட இது விலை மதிப்புடையது.

இணைப் பெருக்கியின் ஒரே தாங்கல் அதன் எடை ஆகும். அது மூன்று ஆணியால் பலகையில் நிலையாக நிறுத்தப்படுகிறது. இந்த எடையின் மீது அமரும் AB, சட்டமும், அதன் இரு முனைகளிலும் அமையும் BC, AD சட்டங்களும் தலைமையானவை. எடை அச்சாக (fulcrum) அமைகிறது. BC சட்டத்தில் நடைமுனை அமைந்துள்ளது. மூலப்படத்தின் கோடுகள் மீது நகரும் முனை இதுவே. AD சட்டத்தில் பென்சில் கோர்க்கப்பட்டுள்ளது. புதிய படத்தை வரையும் முனை இதுவே ஆகும். AB சட்டத்திலும், BC சட்டத்திலும், AD சட்டத்திலும் வெர்னியருடன் கூடிய அளவுகள் வரையப்பட்டிருக்கும். ஒவ்வொரு உருமாற்றத்திற்கும் ஓர் எண் உண்டு. மூன்று சட்டங்களிலும் அந்த எண்ணின் நேர் கருவியை அமைக்க வேண்டும். எந்த அளவுக்கு அமைத்தாலும், AD சட்டமும், BC சட்டமும் எப்போதும் இணையாக இருக்குமாறு இருப்புப் பட்டையால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. சரியான அமைப்பில் மூன்று சட்டங்களை இருத்த, இறுக்காணிகள் உள்ளன. கருவியை நடுக்கமில்லாமல் நிறுத்த ஈயத்தாலான எடைகள் பயன்படுகின்றன. அவை AB சட்டத்தில் A முனை அருகில் வைக்கப்படுகின்றன. வேண்டாத இடத்தில் பென்சில் வரையாமல் மேலே உயர்த்திக் கொள்ளப்போதிய கயிற்று ஏற்பாடுகள் உள்ளன.

கருவியை ஒரு குறிப்பிட்ட விகிதத்திற்கு அமைத்ததும், அச்சு (fulcrum), பென்சில், நடைமுனை மூன்றும் ஒரு நேர்க்கோட்டில் அமைந்திருக்கும்.

கருவியை அமைத்தல் : AB சட்டத்தில் எண்கள், நடுவிலுள்ள சுழியிலிருந்து ஒவ்வொரு பக்கமும் 100 என, 200 வரை பிரிக்கப்பட்டிருக்கும். ஒவ்வொரு விகிதத்திற்குமான எண்ணைக் கீழ்க் கண்டவாறு கண்டுபிடிக்கலாம். $\frac{1}{3}$ சுருக்க விகிதத்திற்கான எண் (x) வேண்டுமென வைத்துக் கொள்வோம்.

$$\text{வாய்பாடு} = \frac{\text{பின்ன எண்களின் வேறுபாடு}}{\text{பின்ன எண்களின் கூட்டுத்தொகை}} \times 100$$

$$x = \frac{3 - 1}{3 + 1} \times 100 = 50$$

AB சட்டத்தில், சுழியிலிருந்து பென்சில் இருக்கும் திசையில் உள்ள 50 க்கு நேர் எடையை (அச்சை)ப் பொருத்த வேண்டும். *BC, AD* சட்டங்களிலும் 50 க்கு நேர் பொருத்தி இறுக்காணியை இறுக்கிக் கொள்ள வேண்டும். இப்போது மூலத்தில் மூன்றில் ஒரு பங்கு சுருக்கிய படம் கிடைக்கும். உருப்பெருக்கமானல், எண்ணைக்(x) கணக்கிட்டுக் கண்டுபிடித்து சுழியிலிருந்து நடைமுனை உள்ள திசையில் அமைந்த எண்ணில் அச்சைப் பொருத்த வேண்டும். அந்த எண்ணிற்கேற்ற *BC, AD* சட்டங்களிலும் மாற்றம் செய்ய வேண்டும்.

சோதனை : கருவியின் *BC, AD* சட்டங்கள் எப்போதும் ஒன்றுக்கொன்று இணையாகவே இருக்க வேண்டும். அதை உறுதி செய்து கொள்ளவேண்டும். கருவியை சுழியில் அமைத்துக் கொண்டு, சுருவியில் ஓர் அரைவட்டம் போடுக. பென்சிலால் வரையப்பட்ட அரைவட்டத்தின் மீது நடைமுனையை ஓட்டுக. நடைமுனை. பென்சில் வரைவின் மீது பிழையின்றி அப்படியே படிந்தால் *AD, BC* சட்டங்கள் இணையாக இருப்பதாக உறுதி செய்து கொள்ளலாம்.

திருத்தம் : அவ்வாறு படியாதிருந்தால், பென்சிலால் மீண்டும் ஓர் அரைவட்டம் வரைக. இதற்கும், நடை முனையால் ஏற்பட்ட கோட்டிற்கும் இடையில் நடுப்புள்ளி குறித்துக்கொள்க. இப்புள்ளியில் பென்சில் முனையைப் பிடித்துக் கொண்டு, இருப்புப் பட்டையைத் தளர்த்திப் போதிய அளவு திருத்தம் செய்து கொள்ள வேண்டும்.

13. வடக்கு அறிதல்

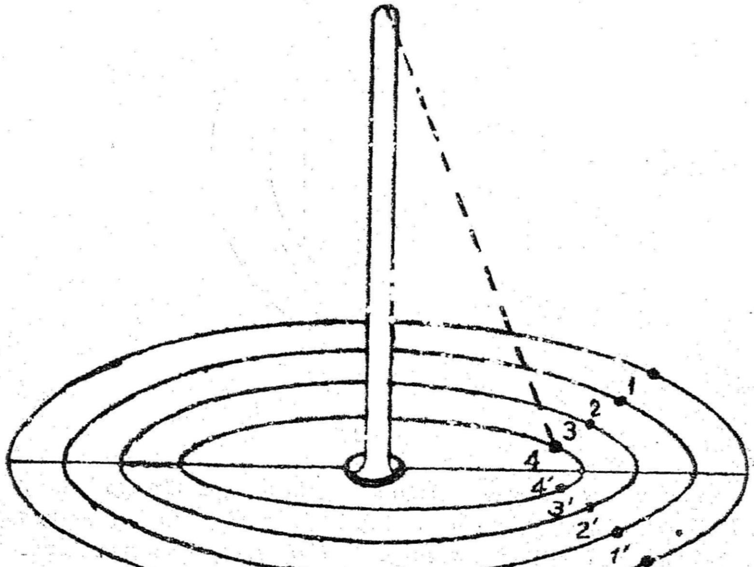
அளக்கையியலில் திசை அறிந்து கொள்ளல் அடிக்கடி தேவைப் படும் செய்கை. காலையில் தோன்றும் காலை பகலவனை நோக்கி நின்று கொண்டு, கைகளை விரித்தோமானால் இடது கைப்பக்கம் வடக்காகும். ஆனால் இது மிகவும் தோராயமானது. பகலவன் எப்போதும் நேர்கிழக்கில் உதிப்பதில்லை. சற்றே இரு திசை களிலும் மாறிக்கொண்டே இருக்கும்.

வீடுகளை அமைப்பதற்கும், நகரங்களைத் திட்டமிடவும், வேறு பல பணிகளுக்கும் வடக்குத் திசை அறிதல் மிகவும் இன்றியமை யாதது. கடலிலும், வானத்திலும் செல்வோருக்கும், திசை தெரிய வேண்டும்.

வடமீன் : வடக்குத் திசை அறியச் சில எளிய வழிகள் உள்ளன. வானத்தில் தெரியும் வடமீனைப் பார்த்து இரவில் வடக்குத் திசை அறியலாம். பூமி கதிரவனைச் சுற்றி வருவதோடு, தன்னைத் தானே சுற்றிக் கொள்வதை அறிவோம். பூமியின் வட தென் முனைகளை இணைக்கும் கற்பனைக் கோட்டை வட திசையில் நீட்டினால், அது கிட்டத்தட்ட வடமீனை ஒட்டிச் செல்லும். அதனாலேயே பூமியின் சுழற்சியால் பிற மீன்கள் தன் இடம் மாறினாலும், வடமீன் மட்டும் அதே நிலையில் உள்ளது. வானத்தில் வடமீனை அடை யாளம் காண, இன்னொரு குறிப்பும் உதவும். பூமியில் நாம் இருக்கும் நேர்வரை எவ்வளவு பாகையோ, அதே பாகை அளவு ஏற்றக் கோணத்தில் அடிவானத்திலிருந்து உயரே வடமீன் இருக்கும். சான்றாக, கோவையின் நேர்வரை 11° வடக்கு. கோவையிலிருந்து சுமாரான வடக்குத் திசை நோக்கி 11° உயரப் பார்த்தால் தெரிவது வடமீன் ஆகும். முதலில் வடமீனைக் கண்டு பிடித்தக் கொள்ள வேண்டும். ஓர் உயரமான கம்பை நிலத்தில் நட்டமாக ஊன்றிக் கொள்ள வேண்டும். இன்னொரு கம்பை இரண்டு கைகளாலும் நமது முகத்திற்கு நேர் நட்டமாகப் பிடித்துக் கொண்டு, வடமீன், முதல் கம்பு, நமது கையிலுள்ள

கம்பு ஆகிய மூன்றும் ஒரே நேர் இருக்குமாறு பார்த்துக் கொண்டே இரண்டாவது கம்பை ஊன்றிக் கொள்ள வேண்டும். ஊன்றிய பின்னர் ஒரு தடவை பார்த்து, உதவி செய்து கொள்ள வேண்டும். இப்போது இவ்விரு கம்புகளையும் இணைக்கும் கோடு சரியான தென்வடல் திசையில் இருக்கும்.

நிழல் முறை: பூமி தன்னை தானே சுற்றும் அச்சு, செங்குத்தாக அல்லாமல் இருபத்தி இரண்டரைப் பாகை சாய்ந்துள்ளது. அதனால் ஓர் ஆண்டில் பல பருவ காலங்கள் வருகின்றன. கதிரவன் நேர் கிழக்கிற்கு வடக்காக ஆறு மாதமும், தெற்காக ஆறு மாதமும் இருப்பதுபோலத் தோற்றம் நமக்கு ஏற்படுகிறது. இந்த உண்மையைப் பயன்படுத்தி நமது முன்னோர் திசை அறிந்து வந்தனர். மனையடி சாத்திரம் என்ற தமிழ் நூலிலும், தமிழ் நாட்டிற்கே உரித்தான மயமதம் என்ற வடமொழி நூலிலும் இது பற்றிக் கூறப்பட்டுள்ளது.

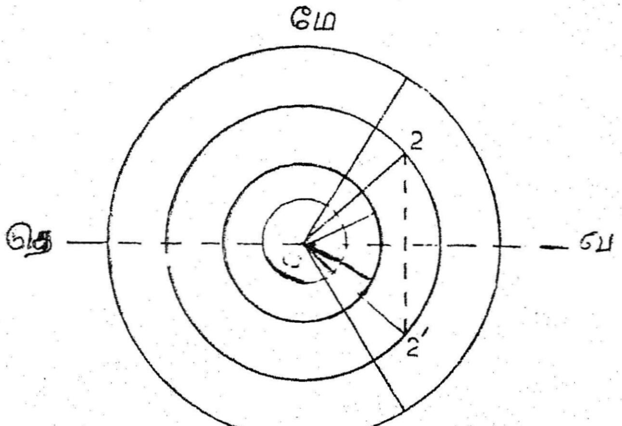


படம் 323

ஒரு சமமான, மட்டமான தரையில், ஒரு நேரான கழியை நட்டு வைக்க வேண்டும். அதைச் சுற்றி, இரண்டு அடி, நான்கு அடி, ஆறு அடி, எட்டு அடி விட்டமுள்ள நான்கு வட்டங்கள்

வரைந்து கொள்ளவேண்டும் காலே ஏழு, எட்டு, ஒன்பது, பத்து மணிகளிலும் பீற்பகல் இரண்டு, மூன்று, நான்கு ஐந்து மணி களிலும், அந்தக் கழியின் நிழல் இந்த வட்டங்களில் படியும் இடங் களைக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். நண்பகலுக்கு முன்னும் பின்னும் சம கால அளவில் பட்ட நிழல் ஏதாவது ஒரு வட்டத்தின் இரு பக்கங்களிலும் குறிக்கப்பட்டிருக்கும். அந்த இரண்டு புள்ளிகளையும் இணைத்தால் கிடைப்பது தென்வடல் கோடு ஆகும்.

ஒரு வட்டத்தில் இவ்வாறு கிடைத்த கோடும், இதேபோல பிற வட்டங்களில் கிடைக்கக் கூடிய கோடுகளும் ஒன்றன் மீது ஒன்று படியும். இதுவே கோடு சரியான தென்வடல் திசையில் அமைந்துள்ளது என்பதை உறுதிப்படுத்தும்.



படம் 324

காந்த ஊசி : காந்த ஊசியால் திசை அறிதலை முன்னரே பார்த்தோம். காந்த ஊசி காட்டும் திசை தோராயமானதாக இருந்தாலும், மிகவும் எளிதானது. சிறிய அளவு காந்த வட்டை களைக் கையில் எடுத்துச் செல்லலாம். திக்குத் தெரியாத காடு, திரைகடல் வெளிவான் எங்கும் எளிதாகத் திசை அறியலாம். தமிழ் நாட்டுக் கொத்தனார்கள் காந்த வட்டையை “ சமுக்கா ” என்ற சொல்லால் குறிப்பிடுகின்றனர்.

14. பின்னுரை

பொறியியலுக்குத் துணைபுரியும் பாடங்களில் முதன்மையானது அளக்கையியல். இதில் செய்து பழகிக் கொள்வதுதான் அதிகம்; படித்து அறிந்து கொள்வது மிகவும் குறைவு. செய்து பழகிய பின் பாடத்தைப் படித்தால், அது வேண்டாத வேலை போலத் தோன்றும். எனவே அளக்கையியலுக்குச் செய்முறைப் பயிற்சி மிகவும் இன்றியமையாதது. காகிதத்தில் அறிவதை விடக் களத்தில் அறிவதே மிகுதி. கருவிகளை இயக்குவது, கைப் பழக்கமாக வேண்டும். படிக்கும்போது தோன்றும் பல ஐயங்களை கருவிகளைக் கண்டதுமே பறந்து போய்விடும்.

அளக்கையியல் புலமையும், கருவிகளும் காலப் போக்கில் பல புதுமைகளைச் சந்தித்த போதிலும், இந்நூலில் இருப்பவை அடிப்படையானவை. இவை அறிந்திருப்பது பின்னர் அறியப் போகும் பகுதிகளுக்கு முன்னோடி. அளக்கையியலில், நமது தேவைக்கேற்ப, நமது கைகளில் கிடைக்கும் கருவிகளுக்கேற்ப, அனுமதிக்கப்பட்ட பொழுதிற்கேற்ப, தேவைப்படும் துல்லியத்திற்கேற்ப, செலவுத் திட்டத்திற்கேற்ப, எந்த வழியில் அளக்கை செய்ய வேண்டுமென்று தேர்ந்தெடுக்க அடிப்படைப் புலமை மிகவும் இன்றியமையாது. அளக்கையாளரின் புலமையும், திறமையும், பின் புலமாக அமைந்து, புதுப்புது எண்ணங்கள் முகிழ்த்து வெற்றி தேடித்தரும்.

அளக்கையில் மொழியின் வேலை மிகவும் குறைவு. இருந்த போதிலும், ஒருவருக்கொருவர் இடும் ஆணைகள், பொருள் மாறாமல் அடுத்தவரால் புரிந்து கொள்ளப்பட வேண்டும். ஆங்கிலத்திலும் பல சொற்கள் இடத்திற்கேற்ப மாறுபட்ட பொருளில் வழங்கி குழப்பத்தை விளைவிப்பது இல்லாமலில்லை. எனவே தமிழில் புழுங்கும் போதும் அவ்வாறு சில வேளைகளில் நேர்ந்தால் அது பற்றி மயங்க வேண்டியதில்லை.

இந்நூலில் புதிதாக ஆண்ட சொற்கள் அனைத்தும், நீண்ட சிந்தனைக்குப் பின் ஆராய்ந்து தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டவை, எனவே அதை மாற்ற முயலுவோர், தக்க ஏது எதுவுமின்றி, விரைந்து விடக்கூடாது. காலப்போக்கில் பிற துறை அறிவியல் பாடங்களின் உந்தலாலும், புழங்கும் இடம், பொருள் பற்றியும், மாற்றம் தேவை ஏற்பட்டாலொழிய, முதலில் வந்த சொற்களை வாழ வைப்பதே சிறந்ததாகும்.

சில சொற்கள் தோற்றத்தில் தவறு போலத் தோன்றினாலும் அவை அவ்வாறு அமைக்கப்பட்டதற்குத் தக்க காரணங்கள் உண்டு. சான்றாக அளக்கை என்ற சொல்லே புதுமையானது. 'அள' என்ற சொல்லின் அடிப்படையாகப் பிறந்தது. 'அளவை' என்ற சொல்லை logic எடுத்துக் கொண்டது. 'அளவியல்' என்பதை mensturation எடுத்துக் கொண்டது. எனவே தெளிவு கருதி 'அளக்கை' என்று யாத்துக் கொள்ளப்பட்டது. அதற்கு இணையாக நடக்கை, மட்டகை போன்றவை தோன்றின.

கருவிகளின் பெயர்கள் அவற்றின் ஆங்கில மூலத்திலிருந்தோ, உருவம் பற்றியோ, பயன் பற்றியோ, இயங்கும் முறை பற்றியோ பெயர்கள் சூட்டப்பட்டுள்ளன.

அளக்கையியல் புதிய பாடமல்ல. ஏராளமான நூல்கள் வந்துள்ளன. அதனால் புதிதாக எதுவும் சொல்லப்படவில்லை. பயிற்சியின் பயன் ஆங்காங்காங்கே புகுத்தப் பட்டுள்ளது. தவிரப் புதுமை எதுவும் செய்யப்படவில்லை. தமிழ் மொழியில் பொருட் தெளிவும், சொற்செட்டும். எண்ணி எழுதப்பட்டது. மொழி நடை பழகப் பழக இனிமை பெறும்; எழுத, எழுத வன்மை பெறும்; எண்ண, எண்ணத் திண்மை பெறும்.

அளவு எல்லா இடத்திலும் இன்றியமையாதது. சீர், தளை, தொடை என்று இலக்கியத்தைக் கூட அளக்கிறார்கள். அளக்கும் கோல்தான் ஆங்காங்கே மாறுபடுகிறது. என்றாலும் அளவுக்கும் மிஞ்சியது ஒன்றுண்டு; அதுவே அறிவு.

தொட்டனைத் தூறும் மணற்கேணி மாந்தர்க்குக்
கற்றனைத் தூறும் அறிவு.

நூற்றொகை
(BIBILIOGRAPHY)

1. S. Wright Perrott—'Surveying for Young Engineers
2. Russel C. Brinker & Warren C. Taylor—Elementary Surveying
3. W. H. Rayner&M. O. Schmidt—Elementary Surveying
4. A. Bannister & S. Raymand—Surveying
5. Philip Kissan—Surveying Practice
6. Frank Debenham—Simple Surveying
7. F. A. Shepherd—Surveying Problems and Solutions
8. W. S. Whyte—Basic metric Surveying
9. T. P. Kanetkar & S. V. Kulkarni—Surveying and Levelling
10. R. S. Deshpande—A Text book of Surveying&Levelling

கலைச் சொற்கள்

(தமிழ்—ஆங்கிலம்)

அ

அகக் குவித் தொலைநோக்கி — Internal focussing telescope
அசல் மேவரை — True meridian
அச்சு — Axis, fulcrum
அடக்கம் — Index
அடக்கப்படம் — Index plan
அடிக்கோடு — Datum
அடிக்கோல் — Foot rule
அடிப்படைக் கோடு — Base line
அடிமட்டம் — Datum
அடையாளம் — Index, Reference
அடையாளக் கோடு — Reference line
அடையாளப் படம் — Index plan, Key plan
அலகு — Unit
அமுக்கம் — Compression
அள — Scale, Measure, Read
அளக்கை — Survey
அளவு — Reading
அளவு படித்தல் — to Read
அளவு பார்த்தல் — to read
அள் — Clamp
அழுத்தம் — Pressure
அறிமேடை — Bench mark

ஆ

ஆயம் — Ordinate
ஆவியளவி — Hipsometer
ஆவியளவியம் — Hypsometry

இ

இடத்தமைவு — Topography
இடத்தமைவுத்தாள் — Topo sheet
இடப்பெயர்ச்சி — Displacement
இடமாற்றம் — Displacement, Deflection

இடை வெட்டு — Inter section
இடைவெளி — Distance
இணைகரப் பெருக்கி — Pantagraph
இணைப் பாயங்கள் — Co-ordinate
இணை குவியம் — Conjugate focus
இணைப்புக் கோடுகள் — Tie lines
இணையான — Corresponding
இயல்பு — Normal
இரும்பு நாடா — Steel tape
(இரும்புப்) பட்டை — Stell Band
இருமடி — Square
இருமடி மூலம் — Square root
இருமடி வேர் — Square root
இலக்கு — Index
இல்கட்டு — Arbitrary
இல்கட்டு திசையம் — Arbitrary bearing
இல்கட்டு மேல்வரை — Arbitrary meridian
இழுப்பம் — Tension
இழுப்பு — Pull
இறுக்காணி — Clamp
இறுதிப் பிழை — Closing error
இன்வர் நாடா — Invar tape

உ

உயரம் — Elevation
உளவை — Reconnaissance
உயரம் — Height
உடை கற்குவை — Tallus
உராய்வு — Friction
உருநிழல் — Image
உறுதி இணைப்புக்கோடு — Check tie
உறுதிக் கோடு — Check line

எ

எளிய மட்டகை — Ordinary levelling
எண்ணம் — Number
எண்ணளவி — Odometer
எதிரெதிர் — Reciprocal
எதிரெதிர் குவியம் — Conjugate focus
எதிரொளித்தல் — Reflect

எளிய — Ordinary
எழுதுகோல் — Pencil

ஒ

ஒளி முறிவு — Refraction

ஓ

ஒருயரக் கோடு — Contour
ஒருயரி — Contour

க

கட்டி — Cube
கணக்கிடுகோல் — Computing scale
கண்ணுடிச் செங்கோணளவி — Optical square
கண்ணுடித்தாள் — Tracing sheet
கடற்கோணமானி — Sextant
கடற் சராசரி மட்டம் — Mean sea level
கட்டம் — Square
கட்டுக் கோப்பு — Structure
கம்பு — Pole
கருக்காக — Exactly, Accurate
கருது — Assume
கருதுகை — Assumption
கருவி — Instruments
கல் கண்ணுடி — Flint glass
கவை மட்டகி — Y level

கா

காந்தத் திசையம் — Magnetic bearing
காந்த வட்டை — Compass
காணுகை — Observation
காந்த மேவரை — Magnetic meridian
காரக் கண்ணுடி — Crown glass
காலங் கால — Secular
காலடி — Pacing
காலடி அளவி — Pedometer
கால் வட்டம் — Quadrant
கால்வட்ட திசையம் — Quadrantal bearing

கிடுக்கி — Clamp
கிடை — Horizontal
கிடைச் சமதளம் — Horizontal plane
கிடைப்படம் — Plan
கிடைவெளி — Horizondal distance

கீ

கீல் — Hinge
கீழ்த்தலை — Inverted

கு

குச்சி — Pole
குத்தான் — Offset
குத்தான் கம்பு — Offset rod
குத்தான்கோல் — Offset scale
குத்து — Vetical
குமிழ் — Bubble
குத்தச்சு — Vertical axis
குத்துக்கோணம் — Vertical angle
குத்துயரம் — Vertical distance, Vertical heigh t
குத்து மதிப்பு — Estimation
குறுக்குக் கம்பம் — Cross staff
குறுக்கு வெட்டு — Cross—section
குறி — Index
குறைத்த திசையம் — Reduced bearing
குவியத் தொலைவு — Focal length
குவியம் — Focus
குவியத்தூரம் — Focal lenth

கூ

கூட்டாயங்கள் — Co-ordinates

கொ

கொள்ளளவு — Quantity

கோ

கோண கணிதம் — Trigonometr y
கோடு — Line
ோட்டம் — Aberration

PUBLIC LIBR

கோல்	—	Scale, pole
கோள கோண கணிதம்	—	Spherical trigonometry
கோளம்	—	Sphere

ச

சக்கர, திருகு ஏற்பாடு	—	Rack and pinion
சங்கிலி	—	Chain
சங்கிலியை மடித்தல்	—	Folding the chain
சமதளம்	—	Plane
சமதாழ அட்டவணை	—	Isogonic chart
சராசரி	—	Average, mean
சரி செய்	—	Adjust
சரி செய்கை	—	Adjustment
சரியாக	—	Accurate, Exactly
சரியாக்கம்	—	Adjustment
சரியாக்கு	—	Adjust
சன்னம்	—	Thin

சா

சாய்வுச் சமதளம்	—	Oblique plane

சி

சிற்றெண்ணம்	—	Least count

சீ

சீர்மை	—	Uniformity

சு

சுமார்	—	Approximate
சுழற்றி	—	Rotor (Compass box)
சுழி	—	Zero
சுழிதாழக்கோடு	—	Agonic line

செ

செங்கட்டி	—	Cube
செங்குத்து	—	Normal, perpendicular
செவ்வாய்	—	Rectangle

சை

சைன்	—	Sine

த

தகடு	—	Plate
தடி	—	Pole
தடிமன்	—	Thickness
தட்டு	—	Plate
தரம்	—	Standard
தரைப்படம்	—	Plan
தலைமை	—	Main, Important,
தற்காலிக	—	Temporary
தற்காலிக சரியாக்கம்	—	Temporary Adjustment

தா

தாங்குமுனை	—	Pivot
தாழம்	—	Declination

தி

திசையம்	—	Bearing
திசை வட்டை	—	Compass
திருத்து	—	Adjust
திருந்திய	—	Refined
திறப்பாடு	—	Efficiency

தீ

தீர்வை நில அளக்கை	—	Cadastral Survey

து

துடைப்பம்	—	Brush
துண்டு	—	Link
துருவம்	—	Pole
துல்லியம்	—	Precise
துல்லிய மட்டகை.	—	Precise levelling
துவளம்	—	Sluggish

தூ

தூரம்	—	Distance
தூரிகை	—	Brush

தொ

தொங்கல்	—	Sag
தொடர்பான	—	Corresponding
தொடு கோடு	—	Tangent
தொடு தளம்	—	Tangential surface

தொடு வானம் — Horizon
தொலைவு — Distance

தோ

தோட்டம் — Estate
தோரணம் — Catenary
தோராயம் — Approximate, rough
தோரய நடக்கை — Rough traverse

ப

பகலவன் கரும் புள்ளிகள் — Sun spots
பக்கத் திருகு — Tangent screw
படி தாளை — Tracing sheet
படிமம் — Image
பட்டகக் காந்தவட்டை — Prismatic compass
பட்டகச்செங்கோணளவி — Prism square
பட்டகாய்டவாய்பாடு — Prismoidal formula
பரப்பு — Area
பருமன் — Volume
படுவரை — Stadia line
பட்டகம் — Prism
பட்டகாய்டம் — Prismoid
பட்டறை — Workshop
பத்தரிப்பு — Offset
பணி — Work
பணியறை — Workroom
பயனுறு பாடு — Efficiency
பரப்பு — Surface
பரப்பு மீட்டர் — Square meter
பரிந்துரை — Recommned
பருமனளவு — Quantity
பருமக் கொள்ளளவு — Cubical content
பல், சக்கர ஏற்பாடு — Rack and pinion

பா

பார்வை — Observation
பார்வைக் கோட்டு மட்டம் — Height of collimation

பி

பிதுக்கம் — Offset
பின் வெட்டு — Resection

பின்னம் — Fraction
பிரிப்பு — Divider
பிற — Indirect
பிற நேரமைவு — Indirect ranging
பிறமுறை — Indirect method

பீ

பீடம் — Datum, Base

பு

புதுக்கோட்டு முறை — Random line method
புவி — Earth
புவிப் பகுப்பளக்கை — Geodesy, geodetic survey
புவியியல் — Geology
புவி வரையம் (பூகோளம்) — Geography
புறணி — Crust
புறக்குவித்தொலை நோக்கி — External focussing telescope

பூ

பூகோளம் — Geography

பெ

பென்சில் — Pencil

பே

பேனு — Pen

பொ

பொன்மஇழை நாடா — Metallic tape
பொன்மம் — Metal

ந

நகரி — Cursor
நகரெடை — Rider
நடு — Mean
நடு ஆயம் — Mid ordinate
நடுவெட்டு — Bisection
நடை — Trace
நடை அளவி — Passometer
நடைமுனை — Tracing point
நட்டம் — Vertical
நம்புகோடு — Fiducial line
நம்போரம் — Fiducial edge

நா

நாற்கரம் — Quadrangle

நி

நிமிர்தளம் — Vertical plane
நிரைவரை — Longitude
நிலப்படம் — Map
நிலை — Vertical
நிலை அச்சு — Vertical axis
நிலைக் கோணம் — Vertical angle
நிலைத்தளம் — Vertical surface
நிலைச்சமதளம் — Vertical plane
நிலைத்த சரியாக்கம் — Permanent adjustment
நிலைத்த திருத்தம் — ,,
நிலைத்தோற்றம் — Elevation
நிலை விழம் — Elevation
நிலைவு — Standard
நிலை வெளி — Vertical distance
நிழலுரு — Image

நீ

நீட்டல் அளக்கை — Chain Survey
நீளம் — Distance
நீளமளத்தல் — Chaining
நீளப்பாடு — Chainage
நீள் சதுட்டம் — Rectangle

நெ

நெடுங்கால — Secular
நெடுகவெட்டு — Longitudinal section

நே

நேரமை — Range ; Ranging
நேரமைவி — Line ranger
நேர் — Direct
நேர் முறை — Direct method
நேர்காண் கம்பு — Ranging rod
நேர்க் கோடு நோக்கி — Line Ranger
நேர்க்கோல் — Alidade
நேர் நேரமை — Direct Ranging
நேர்நோக்கி — Line Ranger
நேர்வரை — Latitude

ம

மதிப்பீடு — Estimation
மட்டம் — Horizontal
மட்டகி — Level (Instrument)
மட்டகை — Levelling
மட்டம் — Elevation
மதிப்பு — Value
மதிப்பிடல் — Valuation

மா

மாறுமுறை — Reciprocal
மாறுமுறை நேரமைவு — Reciprocal Ranging

மீ

மீட்டர் கோல் — Meter Scale

மு

முக்கோணப் பேரளக்கை — Great Triangular Survey
முக்கோணமாக்கம் — Triangulation
முதன்மை — Main, First
முனை — Pole
முழுவட்ட திசையம் — Whole circle bearing

மெ

மெது — Soft
மென்மை — Smooth

மே

மேவரை — Meridian
மேற்பரப்பு — Surface

மை

மையப்படுத்துதல் — Centering

லா

லாகிருதம் — Logarithm

வ

வடிவகணிதம் — Geometry
வடிவகணித வரைமுறை — Geometrical Construction
வட்டகோணப் பகுதி — Sector
வட்டநாண் பகுதி — Segment
வட்டகி — Compasses
வரை — Trace

வரைவிதி — Formula
வரைவளவு — Scale
வளாகம் — Compass
வளைவு — Curvature, Curve

வா

வாய்பாடு — Formula
வானியல் அளக்கை — Astronomical survey

வி

விகிதம் — Proportion
விரி — unfold
வில் — Spring, bow
விலக்கம் — Defletion, Displacement

வெ

வெப்பமானி — Thermometer
வெட்டு — Section
வெளி — Distance
வெர்னியர் — Vernier

வே

வேலை — Work

ரசமட்டம் — Masons level

ட

டேஞ்செண்ட் முறை — Tangent method
Tan — Tan
Tee முலைமட்டம் — Tee square
டம்பி மட்டகி — Dumpy level

கலைச் சொற்கள்

(ஆங்கிலம்—தமிழ்)

A

Aberration	—	கோட்டம்
Accurate	—	சரியாக, கருக்காக
Adjust	—	சரிசெய், சரியாக்கு
Adjustment	—	சரியாக்கம், சரிசெய்கை
Temporary	—	தற்காலிக சரியாக்கம்
Permanent	—	நிலைத்த சரியாக்கம்
Agonic line	—	சுழிதாழக் கோடு
Alidade	—	நேர்க்கோல்
Approximate	—	தோராயம், சுமார்
Arbitrary	—	இல்கட்டு
Arbitrary Meridian	—	இல்கட்டு மேவரை
Area	—	பரப்பு
Assume	—	கருது
Assumption	—	கருதுகை
Average	—	சராசரி
Axis	—	அச்சு
vertical	—	நிலை அச்சு, குத்தச்சு

B

Band (steel)	—	(இரும்புப்)பட்டை
Base line	—	அடிப்படைக் கோடு
Base	—	பீடம்
Bearing	—	திசையம்
whole circle bearing	—	முழுவட்ட திசையம்
magnetic bearing	—	காந்தத் திசையம்
reduced bearing	—	குறைத்த திசையம்
quadrilateral bearing	—	கால்வட்ட திசையம்
arbitrary bearing	—	இல்கட்டு திசையம்
Bench Mark	—	அறிமேடை
Brush	—	தூரிகை, துடைப்பம்
Bubble	—	குமிழ்

C

Cadastral survey	—	தீர்வைநில அளக்கை
Catenary	—	தோரணம்
Campass	—	வளாகம்
Centering	—	மையப் படுத்தல்
Chain	—	சங்கிலி
Chainage	—	நீளப்பாடு
Chaining	—	நீளமளத்தல்
Check line	—	உறுதிக்கோடு
Check tie	—	உறுதி இணைப்புக்கோடு
Cipher	—	சுழி
Closing error	—	இறுதிப் பிழை
Clamp	—	அள், கிடுக்கி, இறுக்காணி
Compass	—	காந்த வட்டை, திசைவட்டை
Compasses	—	வட்டகி
Compression	—	அமுக்கம்
Computing scale	—	கணக்கிடு கோல்
Contour	—	ஒருயரக் கோடு, ஒருயரி
Conjugate focus	—	எதிரெதிர் குவியம், இணை குவியம்
Co-ordinates	—	இணைப்பாயங்கள், கூட்டாயங்கள்
Corresponding	—	தொடர்பான, இணையான
Cross staff	—	குறுக்குக் கம்பகம்.
Crown glass	—	காரக் கண்ணாடி
Crust	—	புறணி
Cube	—	கட்டி, செங்கட்டி
Cubical content	—	பருமக் கொள்ளளவு
Cursor	—	நகரி
Curvature	—	வளைவு
Curve	—	வளைவு

D

Datum	—	அடிமட்டம், அடிக்கோடு, பீடம்
Direct	—	நேர்
Direct method	—	நேர் முறை
Direct ranging	—	நேர் நேரமைவு
Indirect method	—	பிற முறை

Indirect ranging — பிற நேரமைவு
Declination — தாழம்
Isogonic chart — சமதாழ அட்டவணை
Agonic line — சுழிதாழக் கோடு
Deflection — விலக்கம், இடமாற்றம்
Displacement — விலக்கம், இடமாற்றம்
Divider — பிரிப்பி
Distance — தொலைவு, வெளி, இடைவெளி நீளம், தூரம்
Horizontal distance — கிடைவெளி
Vertical distance — நிலைவெளி

E

Earth — புவி
Efficiency — திறப்பாடு, பயனுறுபாடு
Elevation — உயரம், மட்டம், நிலை வீழம், நிலைத் தோற்றம்
Estimation — குத்துமதிப்பு, மதிப்பீடு
Estate — தோட்டம்
Exactly — சரியாக, கருக்காக
External focussing telescope — புறக் குவியத் தொலைநோக்கி

F

Fiducial edge — நம்போரம்
,, line — நம்புகோடு
Flint glass — கல் கண்ணாடி
Focus — குவியம்
Focal length — குவிதூரம், குவியத்தொலைவு
Folding the chain — சங்கிலியை மடித்தல்
Formula — வாய்பாடு
Fraction — பின்னம்
Friction — உராய்வு

G

Geology — புவியியல்
Geography — பூகோளம், புவிவரையம்
Geodesy, geodetic survey — புவிப் பகுப் பளக்கை
Geometry — வடிவ கணிதம்
Geometrical Construction — வடிவ கணித வரைமுறை
Great Triangulation Survey — முக்கோணப் பேரளக்கை

Grade — வாட்டம், சாய்வு
Grade contour — சாய்வுயரி

H

Hinge — கீல்
Horizon — தொடுவானம்
Horizontal — கிடை, மட்ட
Horizontal distance — கிடை வெளி
Height — உயரம்
Height of collimation — பார்வைக் கோட்டுயரம்
Hipsometry — ஆவியளவியம்
Hipsometer — ஆவியளவி

I

Indirect — பிற
Index — குறி, இலக்கு, அடையாளம் அடக்கம்
Index plan — அடக்கப்படம், அடையாளப் படம்
Instrument — கருவி
Invar tape — இன்வர் நாடா
Internal focussing telescope — அகக் குவித் தொலைநோக்கி
Image — உரு நிழல், நிழலுரு, படிமம்
Inverted — கீழ்த்தலை

K

Key plan — அடையாளப் படம்

L

Latiude — நேர்வரை
Level — மட்டம்
Level (Instrument) — மட்டகி
  Dumpy level — டம்பி மட்டகி
  Mason's level — கொத்தனார் ரசமட்டம்
Least count — சிற்றெண்ணம்
Link — துண்டு
Line — கோடு
Line ranger — நேர்நோக்கி
Longitude — நிரைவரை
Longitudinal section — நெடுகவெட்டு
Logarithm — லாகிருதம்

Levelling	—	மட்டகை
Ordinary levelling	—	எளிய மட்டகை
Precise levelling	—	துல்லிய மட்டகை

M

Main	—	முதன்மை, தலைமை
Map	—	நிலப்படம்
Mean	—	சராசரி, நடு
Mean sea level	—	கடற் சராசரி மட்டம்
Meridian	—	மேவரை
True meridian	—	அசல் மேவரை
Magnetic meridian	—	காந்த மேவரை
Arbitrary meridian	—	இல்கட்டு மேவரை
Metal	—	பொன்மம்
Metalic tape	—	பொன்ம இழை நாடா

N

Normal	—	இயல்பு, செங்குத்து
Number	—	எண்ணம்

O

Observation	—	பார்வை, காணுகை
Odometer	—	எண்ணளவி
Offset	—	குத்தான், பிதுக்கம், பத்தரிப்பு
Offset rod	—	குத்தான் கம்பு
Optical square	—	கண்ணுடி செங்கோண அளவி
Ordinary	—	எளிய
Ordinate	—	ஆயம்
Co-ordinate	—	இணைப்பாயங்கள், கூட்டாயங்கள்
Mid ordinate	—	நடு ஆயம்

P

Pantagraph	—	இணைகரப் பெருக்கி
Passometer	—	நடை அளவி
Pacing	—	காலடி
Pen	—	பேனு
Pencil	—	பென்சில், எழுதுகோல்
Pedometer	—	காலடி அளவி
Perpendicular	—	குத்துக்கோடு, செங்குத்து
Pivot	—	தாங்கு முனை

Plate — தகடு, தட்டு, தளிவம்
Plan — கிடைப்படம், தரைப்படம்
Plane — சமதளம்
Horizontal plane — கிடைச் சமதளம்
Vertical plane — நிலைச் சமதளம், நிமிர்தளம்
செங்குத்துச் சமதளம்
Oblique plane — சாய்வுச் சமதளம்
Pole — முனை, துருவம்
Pole — கோல், கம்பு, குச்சி, தடி
Precise — துல்லியம்
Prism — பட்டகம்
Prismoid — பட்டகாய்டம்
Prismoidal formula — பட்டகாய்ட வாய்பாடு
Prism square — பட்டகச் செங்கோணளவு
Prismatic compass — பட்டகக் காந்த வட்டை
Profile — நெடுகவெட்டு
Proportion — விகிதம்
Pressure — அழுத்தம்
Pull — இழுப்பு

Q

Quantity — பருமனளவு, கொள்ளளவு
Quadrant — கால்வட்டம்
Quadrangle — நாற்கரம்

R

Range — நேரமை
Ranging — நேரமை
Direct ranging — நேர் நேரமை
Indirect ranging — பிற நேரமை
Ranger — நேரமைவி
Line ranger — நேர்க்கோடு நோக்கி
Ranging rod — நேர்காண் கம்பு
Random line method — புதுக் கோட்டு முறை
Rack & pinion — பல், சக்கர ஏற்பாடு
Recommend — பரிந்துரை
Reconnaisance — உளவை
Reconnaisance survey Recon noitr c — உளவு அளக்கை
Rectangle — செவ்வகம், நீள்கட்டம்

Reading	—	அளவு
Read	—	அளவு பார்த்தல், அளவு படித்தல்
Refined	—	திருந்திய
Reference	—	அடையாளம்
Reference line	—	அடையாளக் கோடு
Reflect	—	எதிரொளித்தல்
Refraction	—	ஒளி முறிவு
Reciprocal	—	எதிரெதிர், மாறுமுறை
Reciprocal ranging	—	மாறுமுறை நேரமைவு
Rider	—	நகரெடை
Rough	—	தோராயம்
Rough traverse	—	தோராய நடக்கை
Rotor (Compass box)	—	சுழற்றி

S

Sag	—	தொங்கல்
Scale	—	கோல்
offset scale	—	குத்தான் கோல்
Meter scale	—	மீட்டர் கோல்
Foot scale	—	அடிக் கோல்
Scale	—	வரைவளவு
Scale (v)	—	அள
Section	—	வெட்டு
Cross-section	—	குறுக்கு வெட்டு
Longitudinal section	—	நெடுக வெட்டு
Inter section	—	இடைவெட்டு
Bisection	—	நடுவெட்டு
Resection	—	பின்வெட்டு
Sector	—	வட்டக் கோணப் பகுதி
Segment	—	வட்ட நாண் பகுதி
Set square	—	இரண்டு முக்கோணங்கள் கொண்ட இணை
Secular	—	நெடுங்கால, காலங்கால
Sextant	—	கடற்கோணமானி
Sin	—	Sin
Sine	—	சைன்
Sluggish	—	துவளம்
Smooth	—	மென்மை
Soft	—	மெது
Sphere	—	கோளம்

Spherical trigonometry	—	கோள கோண கணிதம்
Spring	—	வில்
Square	—	கட்டம்
Square	—	இருமடி
Square root	—	இருமடி வேர், இருமடி மூலம்
Square feet	—	பரப்படி
Square meter	—	பரப்பு மீட்டர்
Standard	—	நிலைவு, தரம்
Stadia line	—	படுவரை
Structure	—	கட்டுக் கோப்பு
Steel tape	—	இரும்புப் பட்டை
Surface	—	மேற்பரப்பு, பரப்பு
Sun spot	—	பகலவன் கரும் புள்ளிகள்
Survey	—	அளக்கை
Chain survey	—	நீட்டல் அளக்கை
Cadastral survey	—	தீர்வை நில அளக்கை
Geodetie survey	—	புவிப் பகுப்பளக்கை
Astronomical survey	—	வானியல் அளக்கை

T

Tan.	—	Tan.
Tangent	—	தொடுகோடு
Tangent method	—	டேஞ்செண்ட் முறை
Tangential surface	—	தொடுதளம்
Tangent screw	—	பக்கத் திருகு
Tallus	—	உடைகற்குவை
Tension	—	இழுப்பம்
Tee square	—	Tee மூலைமட்டம்
Temporary	—	தற்காலிக, சற்றையா (சத்தியா)
Tie lines	—	இணைப்புக் கோடுகள்
Trace	—	வரை, நடை
Tracing sheet	—	கண்ணாடித்தாள், படிதாள்
Thickness	—	தடிமன்
Thermometer	—	வெப்பமானி
Topography	—	இடத்தமைவு, நாட்டமைவு
Topo sheet	—	இடத்தமைவுத் தாள்
Triangulation	—	முக்கோணமாக்கம்
Trigonometry	—	கோண கணிதம்
Tracer point	—	நடைமுனை

U

Unit — அலகு
Unfold — விரி
Uniformity — சீர்மை

V

Value — மதிப்பு, மதிப்பிடல்
Vernier — வெர்னியர்
Vertical — நிலை. குத்து, நட்டம்
Vertical distance — நிலைவெளி, குத்துயரம்
Vertical angle — குத்துக்கோணம், நிலைக் கோணம்
Vertical surface — நிலைத்தளம்
Volume — பருமன்

W

Work — பணி, வேலை
Workroom — பணியறை
Workshop — பட்டறை

Y

Y level — தவை மட்டகி